

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

LIRIAN REGINA MORENO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL
DA POLPA, SUCO E CASCA DE *Myrciaria cauliflora* Berg (Jabuticaba Sabará).**

PONTA GROSSA

2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

LIRIAN REGINA MORENO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL
DA POLPA, SUCO E CASCA DE *Myrciaria cauliflora* Berg (Jabuticaba Sabará).**

Dissertação apresentada à banca examinadora
como um dos requisitos à obtenção do título
de Mestre em Ciência, no Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos nesta Universidade.

Orientador: Prof. Dr. Gilvan Wosiacki.

PONTA GROSSA

2010

Ficha catalográfica elaborada pelo Setor Tratamento da Informação BICEN/UEPG

M843c Moreno, Lirian Regina
Caracterização físico-química e potencial funcional da polpa, suco e casca de *Myrciaria cauliflora* Berg (Jabuticaba Sabará) / Lirian Regina Moreno. Ponta Grossa, 2010.
87f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Gilvan Wosiacki

1. Jabuticaba . 2. Polpa. 3. Extração. 4. Compostos estruturais.
5. Compostos bioativos. I. Wosiacki, Gilvan. II. T.

CDD : 634.42

TERMO DE APROVAÇÃO

LIRIAN REGINA MORENO

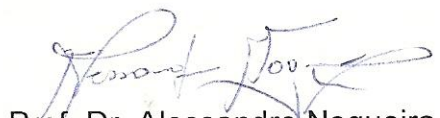
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL DA POLPA,
SUCO E CASCA DE *Myrciaria cauliflora* BERG (JABUTICABA SABARÁ)

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no
Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade
Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador



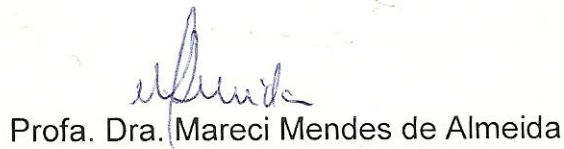
Prof. Dr. Gilvan Wosiack



Prof. Dr. Alessandro Nogueira



Profa. Dra. Maria Helene Canteri



Profa. Dra. Mareci Mendes de Almeida

Ponta Grossa, 30 de agosto de 2010.

DEDICO

“ Ao meu amado avô Pedro Moreno que foi um exemplo de vida do começo ai fim.

Aos meus pais que sempre me apoiaram: Regina e Cledemir.

Aos meus irmãos: Pedro e Luiz.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela conquista e por ser sempre meu alicerce.

Ao programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa; ao Grupo de trabalho sobre Maçã e Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ao meu amigo e orientador, Gilvan Wosiacki, pela confiança e paciência em me orientar, pelo apoio e aprendizado e por gentilmente ter aberto as portas de seus espaços de trabalho. Exemplo de respeito, ética e serenidade.

Aos colegas, pela contribuição de valiosas sugestões e pelo auxílio: Alessandro Nogueira(UEPG); Ana Claudia Barana(UEPG); Renato Giovanetti(UEPG) e Rosilene Prestes(UEPG).

Aos muitos companheiros de caminhada no laboratório, colegas, discentes e amigos(as): Acácio Zielinski, Giovani Zanlorenzi, Henrique Jaster, Mariana Marcolini, Aline. As estagiárias Suelen Ávila, Thlaila Lopes pela ajuda e pelo apoio sempre e principalmente pela amizade e carinho.

A prof. Maria Helene Canteri pela paciência e compreensão nos momentos de aflição e pela amizade acolhedora que sempre proporcionou.

As técnicas e auxiliares de laboratório: Danniani Zardo; Denise Mendes; Rita Nabosny; pela ajuda com as análises e principalmente pelos momentos de descontração quando tudo parecia dar errado.

A auxiliar de laboratório Rosilda Ferreira, pela paciência e carinho, por ter sido sempre uma mãe para minha pessoa no laboratório.

A todos alunos de pós-graduação com quem tive o prazer de conviver. Pelo alegre convívio e lembranças de momentos antológicos que levo comigo com muito carinho e já com saudades.

Aos meus pais Regina de Lima e Cledemir Moreno pela torcida e presença constante, pelo apoio incondicional e por permitir que tudo isso fosse possível com muito amor, carinho e paciência.

Ao Gabriel Trujillo Costa e família por me apoiarem e serem minha família em Ponta Grossa.

Em especial a todos os amigos, familiares e aos meus irmãos Pedro e Luiz que estiveram ao meu lado, sempre com uma palavra de esperança, me dando forças para que eu chegasse até aqui.

A todos os que contribuíram, de alguma forma, direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, não citados e/ou por vezes não lembrados, nunca menos importantes.

Muito obrigado a todos por fazerem parte da minha conquista!!!

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL DA POLPA, SUCO E CASCA DE *Myrciaria cauliflora* Berg (Jabuticaba Sabará).

RESUMO

Espécies da família *Myrtaceae*, como a jabuticabeira, que apresenta alta produtividade e rusticidade têm sido usadas em medicina popular, cultivadas com finalidades paisagísticas além de obtenção de frutas comestíveis. A jabuticaba, embora apropriada tanto para consumo *in natura* quanto para matéria-prima, tem seu comércio limitado face à sua perecibilidade. Nativa brasileira, apesar de seu potencial como fonte de compostos bioativos e da demanda de estudos sobre seu comportamento pós-colheita, ainda poucos os relatos são encontrados na literatura especializada. Face ao desconhecimento do perfil de compostos no fruto neste trabalho busca-se apresentar as diferentes frações - a polpa, a casca e o suco *premium* - para a análise de suas composições e determinação de alguns compostos bioativos. Provenientes da região de Lagoa Branca-SP, os frutos foram colhidos por técnicos especializados selecionados, pesados, sanitizados, separados nas frações. O suco *premium*, extraído por centrifugação da polpa, foi armazenado a -5°C e a casca e a polpa, foram estabilizados por desidratação em estufa adiabática a 55°C até massas constante, e armazenados sob a forma de pó a temperatura ambiente. Os experimentos foram conduzidos em 3 repetições. As frações foram caracterizadas quanto aos aspectos físicos químicos, de capacidade antioxidante pelo método de FRAP, teor de antocianinas monoméricas e análise de minerais por espectrofotometria de absorção atômica, em um primeiro experimento. Em um segundo experimento foram extraídas substâncias pécicas hidrossolúveis presentes no suco *premium* e as ácidos solúveis da casca e da polpa foram analisadas por titulometria. Foram determinados o grau de metoxilação por titulometria e espectroscopia de infravermelho, a composição monossacarídica por análise em cromatografia gasosa, a composição macromolecular determinada por cromatografia de exclusão estérica. No fruto da jabuticabeira tanto a casca, com expressiva quantidade de antocianinas quanto o suco, com uma menor quantidade de antocianinas mas com outros fenólicos apresentam alto poder antioxidante. Destacaram-se as quantidades de frutose encontradas na polpa e casca da fruta. As pectinas da casca, suco e polpa são compostas por segmentos de homogalacturonanas com alto grau de esterificação (67%, 55% e 53%) e de ramnogalacturonanas com cadeias laterais constituídas de manose e arabinose. Comparadas com as amostras comerciais de maçã as pectinas da jabuticaba experimentais apresentaram uma proporção maior de arabinose, bem como proporções distintas de monossacarídeos similarmente as amostras comerciais. A jabuticaba apresenta valor tecnológico e funcional em função dos teores do açúcar frutose, de antocianinas, de compostos fenólicos, de pectina e seu poder antioxidante.

Palavras chaves: Jabuticaba, polpa, suco, extração, compostos estruturais, compostos bioativos.

**PHYSICAL- CHEMICAL CHARACTERIZATION AND FUNCTIONAL
POTENTIAL OF THE PULP, JUICE AND PEELS FROM *Myrciaria cauliflora* Berg
(Sabará Jabuticaba)**

ABSTRACT

Species from Myrtaceae series, such as jabuticabeira, which presents a high level of productivity and rusticity, has been used in the popular medicine, cultivated to the effect of landscape gardening, besides the obtention of comestible fruit. Jabuticaba, can be consumed in natura, as well as a raw material, nevertheless its commerce is limited due to its perishability. It is native from Brazil and, despite of the potential as source of bioactive components and the necessity of researches about its post- harvest behavior, there are few reports available in the suitable literature. Owing to a fruit compounds profile unknown, this paper try to present the different fractions – pulp, peel and premium juice - in order to promote the compositions analyses and the determinations of some bioactive components. Deriving from Lagoa Branca- SP, fruits were harvested by selected specialized technicians, separated, sanitized, divided into fractions. The Premium juice, extracted by the pulp centrifugation, was stored under – 5° C, and the peel and pulp were stabilized by dehydration using an adiabatic heater at 55 °C until constant mass, and stored under powder form at room temperature. The experiments were conducted in triplicate. The fractions were characterized according to the physical- chemical aspects, antioxidant capacity by the FRAP method, monomer anthocyanins content, and minerals analyses by atomic absorption spectrophotometry, at the first experiment. At the second experiment water-soluble pectics substances were extracted, these substances are present in the premium juice, and the acid soluble substances from the peel and from the pulp were analyzed using the titulometry. The levels of metoxidation were determined by titulometry and infrared spectrophotometry, the monosaccharides composition was determined by gas chromatography, the macromolecular composition was determined by exclusion chromatography spherical. In the jabuticaba fruit, as the peel which presents its excessive amount of anthocyanins as the juice with a lower quantity of anthocyanins, but presenting other phenolic compounds, show a great antioxidant power. The quantity of fructose found in the fruit pulp and peel can be detached. Pectins from peel, juice and pulp are composed by homogalacturonans segments, with high level of esterification (67%, 55% and 53%) and also notable levels of rhamnogalacturonans with side chains incorporated of mannose and arabinose. Compared to the commercial apple pectin samples the experimental jabuticaba pectin presented a higher proportion of arabinose, as well as monosaccharides proportion like commercial samples. The jabuticaba presents a great technological and functional value due to its fructose sugar, anthocyanins, phenolic compounds and pectin contents, and also because of its antioxidant power.

Key words: Jabuticaba, pulp, juice, extraction, structural compounds, bioactive compounds.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 01

Figura 01 - Fotografia de pomar de jabuticabeiras.....	17
Figura 02 - Árvore de <i>Myrciaria cauliflora</i> Berg e seu fruto, a jabuticaba.....	18
Figura 03 - Estrutura base dos flavonóides	27
Figura 04 – Estruturas química dos compostos fenólicos encontrados nas <i>Myrtaceae</i>	29
Figura 05 - Estruturas molecular das antocianinas e possíveis substituições na cadeia.....	31
Figura 06 – Principais antocianinas encontradas em alimentos	33
Figura 07 - Representação esquemática da estrutura de pectinas	36
Figura 08 – Representação de estrutura das pectinas de alto e baixo teor de metoxilação.....	37
Figura 09 - Representação do processo de geleificação de pectinas com alto (B) e baixo (A) grau de esterificação.....	39

CAPITULO 02

Figura 01 - Farinha da casca (A) e polpa (B) e suco <i>premium</i> (C) respectivamente.....	60
---	----

CAPITULO 03

Figura 01 - Pectinas obtidas a partir da casca (a), da polpa (b) e do suco <i>premium</i> (c) respectivamente	77
Figura 02 - Caracterizações espectroscópicas em FT-IR das substâncias pécticas extraídas das frações do fruto de jabuticaba (a) pectina da casca; (b) pectina da polpa; (c) pectina do suco.....	79
Figura 03 - Caracterizações espectroscópicas em FT-IR das substâncias pécticas de amostras comerciais de pectina. (a) pectina comercial de baixa esterificação; (b) pectina comercial de baixa esterificação.....	80
Figura 04 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS-RI da pectina da fração casca.....	81
Figura 05 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS- RI da pectina da fração polpa.....	81
Figura 06 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS-RI da pectina da fração suco.....	82
Figura 07 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS- RI das amostras comerciais.....	83

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 01

TABELA 01 – Composição química da jabuticaba madura.....	20
TABELA 02 - Composição da jabuticaba por 100g de parte comestível: centesimal, minerais, vitaminas e colesterol.....	21
TABELA 03 - Resultados das análises de capacidade antioxidante, conteúdo total de fenólicos e conteúdo total de antocianinas	32
TABELA 04- Teores de macrominerais e microminerais em jabuticabas “Sabará”, provenientes de diferentes regiões de cultivo. Safra 2001.....	42

CAPITULO 02

TABELA 01- Perfil de açúcares macroconstituintes das frações da jabuticaba.....	61
TABELA 02- Acidez total titulável (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST),umidade e cinzas das frações	61
TABELA 03 - Teor de macro e microminerais encontrados nas frações da jabuticaba (<i>Myrciaria cauliflora</i>).....	62
TABELA 04 - Teores de antocianinas monoméricas , Fenóis totais, Fibras alimentares e capacidade antioxidante das frações da jabuticaba.....	63

CAPITULO 03

TABELA 01 - Características titulométricas das pectinas Experimentais de jabuticaba e comerciais de maçã....	77
TABELA02 - Proporção relativa de açúcares neutros identificados nas pectinas das frações da jabuticaba	84
TABELA 03 - Proporção percentual relativa de açúcares neutros e ácidos identificados nas pectinas das frações da jabuticaba.....	85

LISTA DE QUADROS.

CAPITULO 01

QUADRO 01 - Compostos fenólicos presentes em alguns alimentos	25
QUADRO 02 - Antocianinas encontradas com frequência em alimentos e suas fontes.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS

HPSEC -	Cromatografia de exclusão estérica de alta eficiência.
GLC -	Cromatografia líquido gasosa
FTIR -	Espectroscopia de Infra Vermelho por Transformadas de Fourier
TPC -	Conteúdo Total de Fenólicos.
TAC -	Conteúdo Total de Antocianinas
DE -	Grau de metoxilação
GC -	Cromatografia gasosa
HG -	Homogalacturonana
HM -	Pectinas com grau de esterificação superior a 50%
LM -	Pectinas com grau de esterificação inferior a 50%
MALLS -	Detector de espalhamento de luz laser em multiângulos
RG -	Ramnogalacturonana
RI-	Índice de refração
TFA -	Ácido trifluoracético
FAO-	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura,
ART-	Açúcares redutores totais
AR -	Açúcar redutor
ATT -	Ácidez titulável total
SST-	Sólidos solúveis totais
EAA-	Espectrofotometria de absorção atômica
CEAGESP-	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
ROS -	Espécies reativas de oxigênio
FRAP-	Ferric reducing ability of plasma
LDL –	Lipoproteínas de baixa densidade
AUA -	Teores de Ácidos Galacturônicos
MeO -	Teores de Metoxilas
PET -	Tereftalato de polietileno

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL DA POLPA, SUCO E CASCA DE *Myrciaria cauliflora* Berg (Jabuticaba Sabará).

	INTRODUÇÃO	13
1	OBJETIVOS	15
1.1	OBJETIVOS GERAIS	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	FAMÍLIA MYRTACEAE	16
2.2	A JABUTICABEIRA	16
2.3	A JABUTICABA	19
2.4	PRINCIPAIS COMPONENTES NUTRITIVOS	20
2.4.1	FIBRAS.....	23
2.4.2	AGENTES ANTIOXIDANTES	23
2.4.3	COMPOSTOS FENÓLICOS DE FONTES VEGETAIS	25
2.4.4	SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS	34
2.4.5	MINERAIS	40
2.5	REFERENCIAS.....	43

CAPÍTULO 02

- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL DAS FRAÇÕES CASCA, POLPA E SUCO DE JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora* Berg).

	RESUMO	52
	ABSTRACT	53
1	INTRODUÇÃO	54
2	MATERIAL E METODOS.....	57
2.1	MATERIAL	57

2.1.1	AMOSTRAS	57
2.2	MÉTODOS	57
2.2.1	FRACIONAMENTO DA FRUTA	57
2.2.2	ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS	57
2.2.3	EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ANTOCIANINAS	58
2.2.4	DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE.....	59
2.2.5	ANÁLISE DE MICRONUTRIENTES E MACRONUTRIENTES	59
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4	CONCLUSÃO	64
5	REFERÊNCIAS.....	65

CAPÍTULO 03 68

- EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS DE FRUTAS DE *Myrciaria cauliflora* (Jaboticaba Sabará).

	RESUMO	69
	ABSTRACT	70
1	INTRODUÇÃO.....	73
2	MATERIAL E MÉTODOS	73
2.1	MATERIAL	73
2.1.1	AMOSTRAS	73
2.2	MÉTODOS	73
2.2.1	PROCESSOS	73
	A) Obtenção e processamento da farinha da polpa, farinha da casca e do suco ...	73
	B) Extração e separação de pectinas de casca e de bagaço.....	73
	C) O processo de isolamento da pectina do filtrado e do suco integral	74
2.2.2	ANÁLISES	74
	A) Análise titulométrica.....	74
	B) Espectroscopia de infravermelho (FT-IR)	75
	C) Cromatografia de exclusão estérica (HPSEC- MALLS).....	75
	D) Cromatografia Gasosa (CG)	76
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
4	CONCLUSÃO	86
5	REFERÊNCIAS	87

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A jabuticabeira, uma das árvores frutíferas que tem despertado interesse entre os produtores rurais, tem alta produtividade e uma rusticidade que justifica seu plantio em varias regiões do Brasil. Seus frutos podem ser aproveitados de diversas maneiras, apropriados para consumo *in natura* e para a indústria tem seu comércio limitado devido a sua perecibilidade, que compromete a qualidade, além da quantidade ofertada ao consumidor, principalmente com relação ao aspecto externo (BRUNINI, *et al.*, 2004). Esta família foi uma das mais exaltadas pelos índios, provavelmente devido à facilidade com que suas espécies aparecem espontaneamente nos roçados e capoeiras e por serem muito utilizadas com fins medicinais. A jabuticaba, espécie nativa brasileira pode ser encontrada do Norte ao Sul do país, mas as maiores produções ocorrem nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Dentre as espécies atualmente conhecidas destaca-se a *Myrciaria cauliflora* (DC) Berg (jabuticaba Sabará) e a *Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg (jabuticaba paulista, jabuticaba ponhém ou jabuticaba assú), que produzem frutos apropriados tanto para a indústria quanto para consumo de mesa (DONADIO, 2000).

Segundo Ascheri (2006)

“o fruto de jabuticaba apresenta-se como baga, subgloboso, negro, quando maduro, liso, com 1,6 a 2,2 cm de diâmetro, contendo de 1 a 4 sementes. A casca é fina e muito frágil; a polpa doce com leve acidez, de ótimo sabor e de cor branca a translúcida”.

As frutas produzidas por esta espécie apresentam alto valor nutricional; sendo apreciadas em todo o país, consumidas naturalmente, ou processadas na forma de suco, geléia, compotas, licores e até mesmo na forma fermentados de jabuticaba, porém as jabuticabeiras ainda são pouco exploradas economicamente (JESUS, 2004). Vários estudos relatam que o fruto da jabuticabeira só traz benefícios à saúde humana, tendo importância nutricional e funcional, exibindo concentração relativamente alta de minerais, casca rica em antocianinas com alto poder antioxidante e, no fruto, podem ser encontradas quantidades consideráveis de fibras como a pectina, com importantes propriedades geleificantes, indicada

para reduzir os níveis de colesterol e células cancerígenas. A comercialização da jabuticaba como uma fruta de pomares vem aumentando. Em 2002, a CEAGESP comercializou em torno de 508.027 kg, e em 2007, este valor aumentou para mais de 1.850.550 kg. De acordo com os dados pela CEAGESP, 95% da produção está concentrada nos meses de agosto a novembro, com um pico em setembro (CEAGESP, 2008). Mesmo com esse potencial, ainda existem poucas pesquisas sobre a caracterização e principalmente sobre os compostos bioativos dos frutos da jabuticabeira. Visando preencher esta lacuna, no presente capítulo, será apresentada a revisão da literatura sobre a jabuticaba, objeto de estudo desse trabalho, mediante outros autores.

1 OBJETIVOS

1.1 . OBJETIVO GERAL

Caracterizar as frações polpa, suco e casca da jabuticaba e seus constituintes estruturais e funcionais;

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Separar as frações casca, suco, polpa e semente de jabuticaba estabilizando-as por congelamento e desidratação;

Determinar a capacidade antioxidante e quantificar as antocianinas das frações casca, suco e polpa recém fracionados;

Determinar o rendimento de substâncias pécticas das frações polpa, casca e suco, bem como suas características físico-químicas (titulometria), espectrofotométricas (FTIR), de massa molecular (HPSEC-MALLS-RI) e de composição em açúcares neutros (GC-MS);

Analisar o perfil de micro e macro nutrientes da polpa e do suco por espectrofotometria de absorção atômica (EAA);

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FAMÍLIA *Myrtaceae*.

Inserida na ordem *Myrtiflorae* (*Myrtales*), a família *Myrtaceae* apresenta cerca de 150 gêneros e 3600 espécies, perdendo quantitativamente apenas para a *Melastomatacea*, com cerca de 200 gêneros e 4000 espécies (CRONQUIST, 1981; RIBEIRO, 1999). Podem ser encontradas em dois centros de dispersão sendo um nas Américas, pelo clima tropical (BARROSO, 1991) e outro no Sul da Austrália, onde predomina o clima temperado (CRONQUIST, 1981). Varias espécies dessa família apresentam frutos comestíveis (JOLY, 1993).

Segundo Joly (1993)

“Os espécimes de *Myrtaceae* são plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas, com folhas inteiras, de disposição alterna ou oposta e às vezes oposta cruzada, com estípulas muito pequenas. Suas flores são em geral brancas ou vermelhas, efêmeras hermafroditas, de simetria radial.”

Encontram-se inseridos nesta família desde pequenos arbustos de 2 metros de altura, como a *Myrcia salzmanni*, até grandes árvores com mais de 20 metros, como algumas espécies de *Eucalyptus* (CRONQUIST, 1981). Exemplos comuns na flora brasileira são as jabuticabeiras (*Myrciaria*), a pitangueira, a uvaia, o cambucazeiro (*Eugenia*) e o cambuci (*Paivaea*) (JOLY, 1993). As flores do gênero *Myrcia* ou *Myrciaria* geralmente estão dispostas em grupos de três em três, todas diretamente inseridas no caule ou com pedicelo curto.

2.2 A JABUTICABEIRA

A jabuticabeira, tem seu nome originário do tupi, “iapotikaba”, que significa “fruta em bastão” e fruto de que se alimenta o jabuti (ASQUIERI, 2006). São encontradas desde o Pará até o Rio Grande do Sul, sendo, portanto, planta de clima tropical e subtropical úmido, não suportando estiagens prolongadas e geadas fortes (MANICA, 2000).

A jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg), nativa brasileira, é uma frutífera pertencente à família *Myrtaceae*, do gênero *Myrciaria* ou *Myrcia* (PÉREZ; MARTINS, 2002). A fitografia da jabuticabeira ainda está um tanto quanto confusa. Alguns autores citam duas espécies principais de *Myrciaria*: a

Myrciaria jaboticaba, com frutos pequenos de pedúnculo escuro e a *Myrciaria cauliflora*, com frutos grandes e sésseis. Outros afirmam que existem três espécies: *Myrciaria cauliflora*, *Myrciaria trunciflora* e *Myrciaria jaboticaba*. Sendo que a mais aceita de todas as espécies é a *Myrciaria cauliflora* e todas as suas variedades, tais como jaboticaba Sabará (JESUS, 2004).

As variedades de jaboticabeira mais cultivadas são: a ‘Paulista’, de grande porte, alta capacidade de produção, com frutos graúdos e maturação tardia; a ‘Sabará’, a mais apreciada e cultivada, de pequeno porte, sendo precoce com produção de muitos frutos pequenos e doces; a ‘Branca’, de porte médio, com muitos frutos grandes, verde-claros; a ‘Rajada’, que se assemelha muito às duas primeiras em crescimento e produção, com frutos verde-bronzeados, grandes e doces, de maturação mediana, e a ‘Ponhema’, mais apropriada para a fabricação de geléias, doces e licores, que apresenta maior crescimento, alta produção e com frutos grandes, que só devem ser consumidos quando bem maduros (GOMES, 2000).

A árvore apresenta copa com forma variada, porte médio a grande, com 6 a 9 metros de altura, podendo alcançar até 12 metros com tendência a abundante esgalhamento (Figura 01), tendo como características típicas o hábito de frutificação nos ramos e troncos com ruptura da casca (Figura 02) (BENZA, 1980; JESUS, 2004).



Figura 01- Fotografia de um pomar de jaboticabeiras.

De acordo com Silveira (2006)

“quando adultas, as jabuticabeiras, podem chegar a medir de 10 a 15 metros de altura. Apresentam o tronco liso com até 40 cm de diâmetro. Suas folhas são opostas lanceoladas, medindo de 6 a 7 cm de comprimento por 2 a 3 cm de largura. Floresce geralmente duas vezes por ano (julho/agosto e novembro/dezembro)”.

Sua frutificação ocorre mais de uma vez ao ano, com flores novas, dando-lhes características ornamentais. Seus ramos são delgados e cilíndricos; as folhas, opostas e elípticas, são incompletas, com bainha ausente e pecíolo presente. A lâmina foliar apresenta entre 2,4 e 4,3 cm de comprimento e 0,6 a 1,6 cm de largura (JESUS, 2004).

Conforme Donadio *et al.* (2002), todas as jabuticabeiras possuem sementes poliembriônicas, o número de embriões pode chegar a 5. Os cotilédones são avermelhados e bastante pequenos, com comprimento variando de 2 a 12 mm (SOBRINHO *et al.*, 1952).



Figura 02 – Árvore de *Myrciaria cauliflora* Berg e seu fruto, a jabuticaba.

A produção de mudas comerciais de jabuticabeiras ainda se realiza essencialmente por sementes. De acordo com Andersen e Andersen (1988) “as árvores conservam a identidade genética da planta matriz”, A longa fase juvenil é persistente, sendo necessário, para alguns cultivares, até mais de dez anos para iniciar a produção. Como forma de se evitar esse longo período juvenil, pode-se optar pelos métodos tradicionais de propagação, tais como enxertia e estaquia (SCARPARE *et al.*, 2002).

A jabuticabeira tem origem subtropical (Mata Atlântica) e vegeta em diversos tipos de solos com climas variados. Porém, em solos profundos, bem drenados e ricos em matéria orgânica ela se adapta melhor. O crescimento lento e o plantio devem ser feito na época das chuvas, por sementes e enxertia (CHIARELLI, 2005).

Possui uma grande aceitação para o consumo “in natura”, geléias, licores, vinhos, e sucos pela qualidade de seus frutos, que são doces e saborosos (ANDERSEN; ANDERSEN 1989). Naturalmente, sua produção é alta, mas se tiver seu cultivo associado às tecnologias agrícolas, pode ter um incremento satisfatório e favorecer ainda mais sua produção. Além disso, apresenta outras características importantes como o alto valor paisagístico de suas plantas, e a excelente qualidade de sua madeira (LORENZI 1992).

Sua madeira pesada, compacta elástica e de longa durabilidade quando tratada é empregada em tablados em geral, confecção de móveis, construção civil e para lenha. Além do interesse econômico há o teórico-científico. Alguns pesquisadores vêm aprofundando estudos na família *Myrtaceae*, tentando esclarecer dúvidas taxonômicas existentes nos gêneros e nas espécies (SILVEIRA, 2006).

2.3 A JABUTICABA

A jabuticaba ‘Sabará’ ocupa a maior área cultivada, entre as espécies de jabuticabeiras, no Brasil (SILVA, 2008).

Segundo Chiarelli (2005)

“O fruto é do tipo baga, arredondado, de coloração roxo-escuro, contendo de uma a quatro sementes. A casca é fina e muito frágil; a polpa é doce com leve acidez, de ótimo sabor e de cor branca a translúcida”.

Já Benza, (1980) e Wilbank, *et al.*, (1983) relatam que

“os frutos são bagas globosas, atingindo de 1,6 até 3,5 cm de diâmetro contendo de 1 a 4 sementes. A casca é fina e frágil, polpa branca translúcida e de sabor levemente ácido.”

Em função de suas características organolépticas para consumo ao natural e muito utilizado na fabricação de licores e geléias, o potencial de comercialização vem crescendo (MAGALHÃES *et al.*, 1996). Além do consumo ao natural, o fruto pode ser utilizado para fabricação de xaropes, vinho, licor, vinagre e geléia, tendo

grande potencial econômico, com significativo crescimento na sua comercialização que, em 1998, foi superior a 4 mil toneladas na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, 2008).

2.4. PRINCIPAIS CONSTITUINTES NUTRITIVOS DA JABUTICABA

As frutas produzidas por esta espécie, *Myrciaria cauliflora*, apresentam alto teor de carboidratos, fibras, vitaminas, flavonóides e sais minerais como ferro, cálcio e fósforo, conforme será referenciado a seguir.

Segundo Silva(2008) e Terceiro(2004)

“A jabuticaba Sabará apresenta em sua composição vitamina C com valores médios de 23 mg por 100 g de polpa e minerais, em que se destacam o ferro, cálcio, fósforo e potássio além de compostos fenólicos e antioxidantes que previnem doenças oxidativas e inflamatórias.”

Quando comparados à maçã e a uva, o fruto da jabuticaba apresentou-se com concentrações de minerais relativamente altas, apresentando, portanto, grande potencial para a complementação da alimentação humana (Tabela 1). O mesmo autor acrescenta que como é curto o seu ciclo de desenvolvimento, tornar-se-ia oportuno o estudo de outras formas de aproveitamento e processamento dos frutos para tê-los disponíveis durante o ano (DONADIO, 2000)

Tabela 01 – Composição química da jabuticaba madura.

Componentes	Teor (%)
Água	83,98
Cinzas	3,40
Proteína Bruta	4,00
Extrato de Éter	2,68
Fibra Bruta	4,52
Extrato isento de nitrogênio	4,52
Açúcares redutores	37,82
Açúcares redutores totais	40,36
Sacarose	2,52
Cálcio	0,022
Fósforo	0,022

FONTE: Donadio, (2000).

Segundo a TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, a composição centesimal desta fruta está apresentada na Tabela 2 (LIMA, 2006)

Tabela 02. Composição da Jabuticaba por 100 g de parte comestível: centesimal, minerais, vitaminas e colesterol.

Descrição do alimento – Jabuticaba inteira crua	
Umidade (%)	83,6
Energia (Kcal)	58,0
Proteína (g)	0,6
Lipídios (g)	0,1
Colesterol (mg)	NA
Carboidrato (g)	15,3
Fibra Alimentar (g)	2,3
Cinzas (g)	0,4
Cálcio (mg)	8,0

NA: não se aplica

FONTE: TACO, 2009

De acordo com Terci (2004), a jabuticaba contém alto teor de antocianinas, com teores médios de 314 miligramas por 100 gramas da fruta, valores mais altos comparados a uva (227 mg/100g) e amora (290 g/100g) e mais baixos comparados ao jambolão (386 mg/100g). Este mesmo autor relata que os pigmentos naturais presentes apenas na casca da jabuticaba são de elevado poder antioxidante.

De acordo com Asquieri *et al.*, (2006) e Brunini (2004), a jabuticaba é altamente perecível apresentando um período curto de comercialização após a colheita devido ao elevado teor de água e açúcares e outros constituintes presentes na polpa. Em frutos de jabuticaba “sabará” cultivados na Região Centro-Oeste do Brasil, Asquieri *et al.* (2006) obtiveram teores de umidade, lipídios e proteínas de 83,3; 2,1 e 1,0 g em 100 g de polpa de jabuticaba, respectivamente, e teores de açúcares totais, redutores e não redutores de 11,2 g/100g, 9,3 g/100g e 1,9 g/100g, respectivamente. Entretanto, Oliveira *et al.* (2003) pesquisaram a qualidade de jabuticabas “sabará” provenientes de 10 diferentes regiões de cultivos localizadas no Estado de São Paulo e detectaram a acidez titulável dos frutos entre 0,888 a 1,652 g de ácido cítrico por 100 g de polpa e o pH foi da ordem de 2,91 a 3,72. Os sólidos solúveis totais variaram entre 11,5 e 17,9 °Brix; a vitamina C, em torno dos 19,0 g de ácido ascórbico por 100 g de polpa; e os teores de potássio, magnésio e cálcio, entre 0,1 e 1,06 g, 0,07 e 0,6 g e entre 0,02 e 1,11 g por 100 g de polpa, respectivamente. Brunini (2004), em frutos desta mesma espécie vegetal, nas condições paulistas, determinou o teor de vitaminas em torno de 13,3 g de ácido ascórbico por 100 g de polpa e carboidratos solúveis de 2,66 g de glicose por 100 g de polpa.

Apesar dos poucos estudos em relação aos seus compostos bioativos, a jabuticaba mostra-se um fruto de grande valor nutricional e funcional. Na medicina popular a jabuticaba é utilizada para vários fins, entre estes é mencionada a decocção da casca, como remédio para

a asma e o consumo da polpa que, por sua composição auxilia a digestão e mobilidade intestinal do bolo alimentar.

2.4.1 FIBRAS

O termo Fibras Alimentares ou Fibras Dietéticas é uma denominação genérica incluindo uma grande variedade de substâncias que são: "Resíduos de células vegetais que não são digeridas pela parte superior do tubo digestivo do homem. São compostas de celulose, oligossacarídeos, pectina, goma e ceras" (POURCHET, 1988). Hoje em dia, a definição de fibra alimentar foi ampliada, podendo ser classificada como: polissacarídeo armazenado na célula da planta (DOSSIÊ DE FIBRAS, 2008). No entanto, nem todas as fibras atuam da mesma forma. As fibras alimentares compõem-se fundamentalmente de 2 categorias, tecnicamente classificadas como: insolúveis e solúveis. A passagem das fibras dietéticas pelo trato digestivo resulta em diversos efeitos fisiológicos importantes para a saúde do ser humano. A ação fundamental das fibras insolúveis é a aceleração do trânsito intestinal. Isto devido à capacidade de retenção de água e absorvem também eventuais agentes cancerígenos, prevenindo o câncer de cólon. No intestino, as fibras solúveis funcionam como fonte de energia para a mucosa e como agentes protetores de várias doenças como: diarreia, inflamações intestinais e do câncer de cólon. Estas estão presentes em vários produtos com destaque para: a goma acácia, a pectina e a goma xantana. Estudos já realizados comprovam que a ingestão de fibras solúveis contribui na diminuição da taxa de colesterol (DOSSIÊ DE FIBRAS, 2008). Segundo Salgado (1999), a quantidade de fibras da polpa da variedade Sabará (6 g/100g) é maior que de outros frutos como a uva preta (1,12 g/100g)

2.4.2 AGENTES ANTIOXIDANTES

Antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação. A atividade antioxidante de compostos fenólicos é principalmente devida às suas propriedades de óxido-redução, com possível papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio triplete e singlete ou decompondo peróxidos. Em geral, existem duas categorias básicas de antioxidantes: os naturais e os sintéticos (ANTUNES; CANHOS, 1984; BRENNAN; PAGLIARINI, 2001).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Foi descoberto que uma série de doenças, entre as quais

câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, AIDS, doenças do coração, podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio extremamente reativas denominadas de “substâncias reativas oxigenadas” ou simplesmente ROS. Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo. As ROS’s são, na verdade, várias formas de oxigênio ativado, entre as quais se incluem os denominados radicais livres. Nos organismos vivos as várias formas de ROS’s podem estar constituídas de diversas maneiras. Por exemplo, nas fontes exógenas produtoras de radicais livres incluem-se a fumaça do tabaco, as radiações ionizantes, os solventes orgânicos e os pesticidas (YILDRIM *et al.*, 2002).

Os mecanismos endógenos de defesa podem ser auxiliados favoravelmente com a introdução de antioxidantes por meio da dieta (BRENNAN *et al.*, 2001).

Desde o início dos anos 80 surge o interesse em encontrar antioxidantes naturais para o emprego em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico, com o intuito de substituir antioxidantes sintéticos, os quais têm sido restringidos devido ao seu potencial de carcinogênese, bem como pela comprovação de diversos outros males como: aumento do peso do fígado e significativa proliferação do retículo endoplasmático (MELO *et al.*, 2002).

Frutas, vegetais em geral e condimentos contém numerosos fitoquímicos além dos compostos fenólicos como, por exemplo, compostos nitrogenados, carotenóides, ácido ascórbico, tocoferóis e flavonóides. Muitos destes fitoquímicos apresentam significativa capacidade antioxidante e são associados à baixa incidência de câncer em seres humanos. (SLUIS *et al.*, 2001; TOMÁS-BARBERÁN *et al.*, 2001; VINSON *et al.*, 2001; WANG, ZHENG., 2001).

O método de FRAP (ferric reducing ability of plasma) é um dos métodos colorimétricos utilizado para medida de atividade antioxidante. Neste método, o complexo sem cor Fe^{3+} - TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5- triazeno) é reduzido a um complexo azul Fe^{2+} -TPTZ pela ação de antioxidantes, agentes redutores doadores de elétrons, com aumento na absorbância em 593nm. O desenvolvimento de coloração comprova que um redutor, um antioxidante, está presente e que a reação de oxi-redução está ocorrendo. No ensaio de FRAP um excesso de Fe^{3+} é usado, e a formação de cor está relacionada à capacidade redutora da amostra testada. Os valores de FRAP são obtidos pela comparação da mudança de absorbância da amostra com soluções contendo íons ferrosos em concentração conhecida (BENZIE; STRAIN, 1996).

2.4.3 COMPOSTOS FENÓLICOS DE FONTES VEGETAIS

Os compostos fenólicos são largamente distribuídos no reino vegetal, fazendo parte da dieta de forma significativa, influenciando fortemente a qualidade dos frutos, pois contribuem sensorial e nutricionalmente com estes (SCALZO *et al.*, 2005).

Segundo Carvalho, *et al.*, (1999)

“Os compostos fenólicos, também denominados de polifenóis, apresentam uma grande diversidade de estruturas de simples a complexas que possuem, pelo menos, um anel aromático, no qual, ao menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila”.

Diversos autores têm estudado a presença de compostos fenólicos em plantas, devido sua participação em processos sensoriais (cor, adstringência e aroma de vários alimentos), atividade farmacológica e nutricional e da capacidade de inibir a oxidação lipídica e a proliferação de fungos (PELEG *et al.*, 1998).

Uma dieta humana rica em vegetais possui uma infinidade de compostos fenólicos o que é grande interesse devido as suas atividades antioxidantes e possível anti-carcinogênese (YANG *et al.*, 2001).

Quadro 01 - Compostos fenólicos presentes em alguns alimentos

FENÓLICO	PRINCIPAIS COMPOSTOS	ALIMENTOS
Flavonóides		
Antocianinas	Cianidina, definidina	Uva, maçã e jabuticaba
Flavanas	Catequina, luteoferol	Chás pretos e verdes
Flavononas	Narigenina, hasperidina	Frutas cítricas
Flavonas	Apegenina, luteonina	Pêra, vinho e chá verde
Flavonóis	Quercetina, Mirecetina	Azeitona, alface e maçã
Isoflavonas	Genisteina, daidzeina	Soja e derivados
Ácidos Fenólicos		
Ac. Hidroxicinâmicos		Cereja, pêra e laranja
Ac. Hidroxibenzóicos		Framboesa, morango e uva
Taninos Condensados	Polímeros de Catequina	Lentilhas, uvas, vinho

Fonte: AMY KING *et al.* (1999)

As frutas são, geralmente, ricas em compostos fenólicos, podendo essa quantidade chegar a 1-2g/100g no peso fresco de algumas frutas, como ameixa e o caqui. Elas, frequentemente, contêm altas quantidades de antocianidinas e antocianinas, não comumente achados em hortaliças (SCALBERTE *et al.*, 2000). As antocianinas, pigmentos responsáveis por muitas das cores de frutas e flores, agem como um forte antioxidante e antiinflamatório. Muitas vezes são responsáveis por grande parte do conteúdo destes frutos, mas flavanóis, procianidinas, ácidos fenólicos e elagitaninas podem ser predominantes em alguns frutos (REYNERTSON *et al.*, 2008).

Segundo Reynerston *et al.* (2008) compostos fenólicos de frutas são constituintes antioxidantes da dieta. As frutas, fontes dietéticas de polifenóis, apresentam variações quantitativas e qualitativas na composição desses constituintes em função de fatores intrínsecos e extrínsecos. Por sua vez, a eficácia da ação antioxidante depende da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO *et al.*, 2008).

Os compostos fenólicos podem ser classificados em dois grandes grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais. Os denominados de flavonóides são os que apresentam a estrutura química descrita como C6-C3-C6. Já os denominados de não flavonóides são classificados como (MELO *et al.*, 2002; BURNS *et al.*, 2001):

- os derivados das estruturas químicas C6-C1 específicas dos ácidos hidroxibenzoicos, gálico e elágico;
- os derivados das estruturas químicas C6-C3 específicas dos ácidos cafêico e p-cumárico hidroxycinamatos
- os derivados das estruturas químicas C6-C2-C6 específicas do trans resveratrol, cis-resveratrol e trans-resveratrol-glucosídeo.

Dentre os compostos fenólicos, serão aprofundados os flavonoides e uma de suas classes, denominada antocianinas.

Os flavonóides foram descobertos em 1930 pelo prêmio Nobel Szent-Gyorgy, que extraiu a citrina da casca do limão, possuindo, esta substância, a capacidade de regulação da permeabilidade dos capilares. Assim, esta classe de produtos naturais foi inicialmente denominada de vitamina P (permeabilidade) e também por vitamina C₂, visto que algumas das substâncias pertencentes a esta classe apresentavam propriedades semelhantes às da vitamina C. Porém dada a não confirmação destas substâncias como vitaminas, esta classificação foi abandonada em 1950. Estes compostos podem ser definidos como classe de metabólitos secundários de plantas, que derivam da condensação de uma molécula de ácido cinâmico com

três grupos malonil- CoA2 e que participam na fase dependente de luz da fotossíntese, durante a qual catalisam o transporte de elétrons (MARTINEZ, *et al.*, 2002).

O grupo dos flavonóides geralmente ocorre em plantas na forma de glicosídios, sendo uma das substâncias responsáveis pela atribuição do perfil sensorial de frutas, atribuindo-lhes o corpo característico. Mais de 6.000 diferentes estruturas já foram identificadas e este número continua a aumentar (BOBBIO; BOBBIO, 1989). Os flavonóides, pigmentos naturais presentes nos vegetais não podem ser sintetizados pelo nosso organismo, sendo obtidos na ingestão de alimentos que os contenham ou através de suplementos nutritivos, desempenham papel fundamental na proteção contra agentes oxidantes, como por exemplo, os raios ultravioletas, poluição ambiental, substâncias químicas presentes nos alimentos, entre outros, e atua como agentes terapêuticos, num elevado número de patologias, como a arteriosclerose. Exemplos de fontes de flavonóides são frutas, verduras, cerveja, vinho, chá verde e soja. Os pigmentos em pesquisa são compostos de baixo peso molecular com uma estrutura base C6-C3-C6, ou seja, dois anéis fenis -A e B- ligados através de um anel pirano – C (SILVA, 2006).

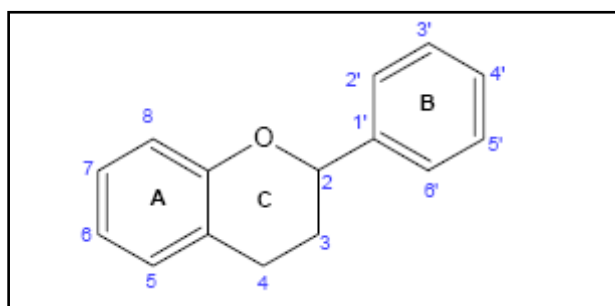


Figura 03- Estrutura base do flavonóides

Fonte: Silva, 2006

Os flavonóides estão divididos em subclasses baseados nas substituições nos anéis B e C bem como no grau de saturação, oxidação e hidroxilação do anel C. De acordo com a substituição e do nível de oxidação no anel C3, os flavonóides podem ser divididos em 14 classes, entre elas as antocianinas (SILVA, 2006).

Dentro de uma mesma classe de flavonóides diferem na substituição dos anéis A e B. Eles encontram-se na natureza sob a forma de glicosídeos, o que promove uma melhor absorção intestinal e uma maior bioviabilidade destes compostos (YILMAZ, 2004). Os glicosídeos formam-se através da união de resíduos de D-glucose a posição 3 ou a posição 7

destes flavonóides, sendo a primeira substituição a mais freqüente. Outros resíduos de açúcares que também se podem encontrar ligados a estes tipos de compostos são a D-galactose, a L-raminose, a L- arabinose, a D- xilose e o ácido D-glucorônico. Estima-se que o valor médio diário de ingestão de flavonóides seja de 23 mg/dia, sendo os flavonols os predominantes. A sua excreção ocorre primordialmente pela urina, dada sua solubilidade em água (MARTINEZ, *et al.*, 2002).

Segundo Rauha (2000)

“os flavonóides são reconhecidamente agentes antioxidantes capazes de inibir a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade LDL, além de reduzirem significativamente as tendências a doenças trombóticas”.

Os efeitos bioquímicos e farmacológicos dos flavonóides são muito vastos, dentre estes as ações antioxidante, antiinflamatória e antiplaquetária, além de efeitos antialérgicos. (KOO; SUHAILA, 2001).

Pesquisas evidenciam que alguns flavonóides estão associados à prevenção de envelhecimento. Isto pode ser justificado devido à sua ação antioxidante. O oxigênio supostamente forma radicais livres que levam ao desenvolvimento de câncer e doenças coronárias, aliado à função protetora da membrana celular. Radicais livres podem atacar biomoléculas, dentre as quais se destacam os lipídios, as proteínas ou DNA propriamente dito, os quais podem ser preservados pela ação dos antioxidantes (BIRCH *et al.*, 2001; BRENNAN; PAGRIARIN, 2001).

Segundo Middleton (2000)

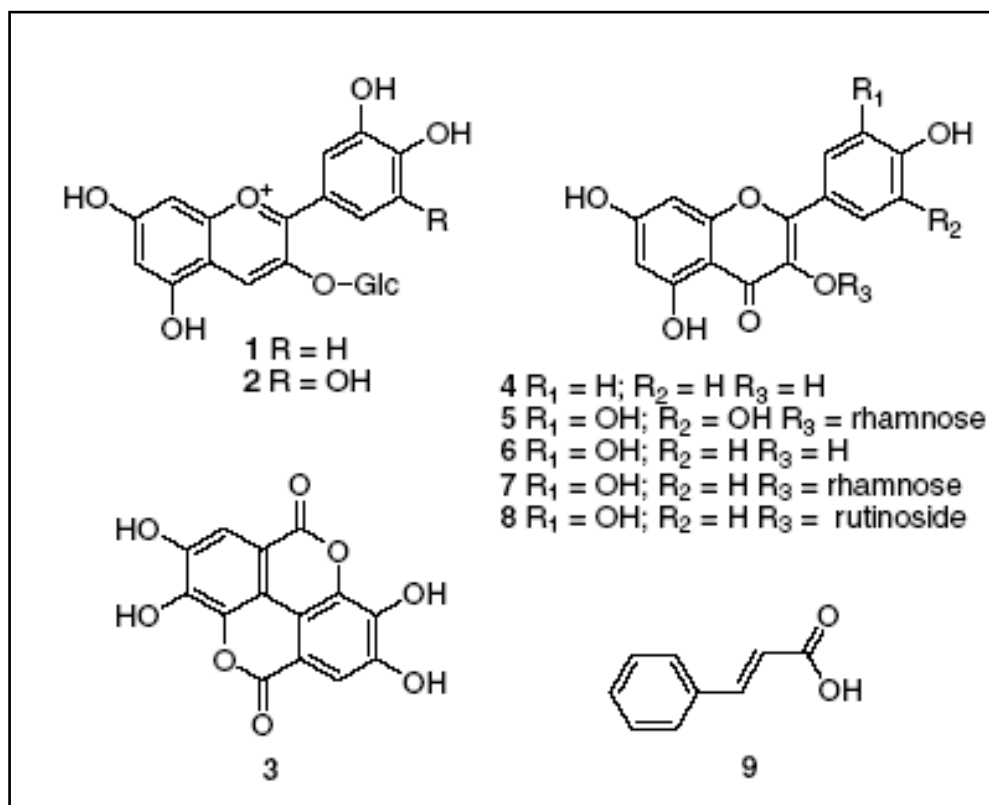
“antocianinas, flavonóides, ácidos fenólicos e taninos desempenham funções ecológicas, para atrair polinizadores e dispersores de sementes, e agem como anticorpos de defesa contra as infecções microbianas”.

A distribuição dos flavonóides nos vegetais depende de diversos fatores de acordo com a classificação taxonômica do vegetal, bem como da variação das espécies. Os padrões de distribuição dependem do grau de acesso à luminosidade, especialmente radiação ultravioleta B, pois a formação dos flavonóides é acelerada pela luz. Consequentemente, plantas cultivadas em estufas, onde a radiação ultravioleta é bloqueada, o conteúdo de flavonóides é reduzido. Vegetais que crescem em condições de estresse oxidativo são

apontados como contendo de 4 a 5 vezes mais flavonóides que os que crescem sem (AHERNE; O'BRIEN, 2002).

Frutas *Myrtaceae* tropicais geralmente são cultivadas sob condições de alto estresse oxidativo e de intensa luz solar e calor. Os compostos fenólicos inibem a peroxidação lipídica ultravioleta e os danos em tecidos vegetais, além de fornecerem proteção dos sistemas de mamíferos, quando ingerido o fruto (REYNERTSON *et al.*, 2008).

Segundo Reynertson (2008), em seus estudos com 14 frutas da família *Myrtaceae*, relatou que a jabuticaba (*M. cauliflora*) tem um nível superior à média de antocianinas e fenólicos totais.



Compostos são numerados do seguinte modo: ciadina 3-glucosidase (1), delfidina 3-glucosidase (2), ácido elagico (3), kaempferol (4), mircetina (5), quercetina (6), quercitrina (7), rutina (8), e ácido cinâmico (9).

Figura 04. Estruturas químicas dos compostos fenólicos encontrados na família *Myrtaceae*.
Fonte: Reynertson (2008)

As antocianinas (das palavras gregas *anthos*, flor e *kianos*, azul) são pigmentos vegetais responsáveis pela maioria das cores azul, até tonalidades de vermelho encontradas em flores, frutos, algumas folhas, caules e raízes de plantas. As antocianinas fazem parte do grupo dos flavonóides, compostos fenólicos caracterizados pelo núcleo básico flavílio (cátion

2-fenilbenzopirílio) que consiste de dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensada por um oxigênio. A molécula de antocianina (Figura 5) é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e um grupo de ácidos orgânicos. Antocianidinas livres são raramente encontradas em plantas, ocorrendo comumente glicosiladas com açúcares que estabilizam a molécula (MALACRIDA, 2006).

Esses compostos são solúveis em água e altamente instáveis em temperaturas elevadas (SHAHIDI; NACZK, 1995). Existem aproximadamente 400 antocianinas diferentes (KONG *et al.*, 2003). Segundo Jackman e Smith, (1996), as antocianinas encontram-se distribuídas em numerosas famílias de plantas: *Vitaceae* (uva), *Rosaceae* (cereja, ameixa, framboesa, morango, amora, maçã, pêssego, etc.), *Solanaceae* (tamarindo, batata), *Saxifragaceae* (groselha preta e vermelha), *Ericaceae* (mirtilo, oxicoco), *Cruciferae* (repolho roxo, rabanete), *Leguminoseae* (vagem) e *Gramineae* (sementes de cereais). No quadro 02, constam diferentes antocianinas e suas fontes. Além de contribuir para a cor de flores e frutas, as antocianinas atuam como filtro das radiações ultravioletas nas folhas. Em certas espécies de plantas estão associadas com a resistência aos patógenos e atuam melhorando e regulando a fotossíntese (MAZZA *et al.*, 1993).

QUADRO 02 - Antocianinas encontradas com freqüência em alimentos e suas fontes

Antocianinas	Fonte
Cianidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, jambolão, morango, amora, maçã, azeitona
Cianidina-3,5-diglicosídeo	Uva, vinho, cereja, figo, marmelo
Peonidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, jabuticaba
Malvidina-3-glicosídeo	Uva, vinho
Malvidina-3,5-diglicosídeo	Uva, vinho, feijão, inhame
Cianidina-3-galactosídeo	Maçã, cacau
Cianidina-3- <i>p</i> -cumarilsoforosídeo-5-glicosídeo	Repolho roxo
Pelargonidina-3-soforosídeo-5-glicosídeo	Rabanete
Pelargonidina-3-glicosídeo	Morango, tamarindo
Delfinidina-3,5-diglicosídeo	Berinjela, feijão, uva, romã
Delfinidina-3-cafeoilglicosídeo-5-glicosídeo	Berinjela
Petunidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, feijão, mirtilo, laranja

Em alimentos industrializados, as antocianinas são empregadas como corantes naturais. Entretanto, sua utilização ainda é restrita pela baixa estabilidade em meios aquosos e pH acima de 2, condições comuns durante o processamento e estocagem dos alimentos (FALCÃO *et al.*, 2003; FRANCIS, 1989).

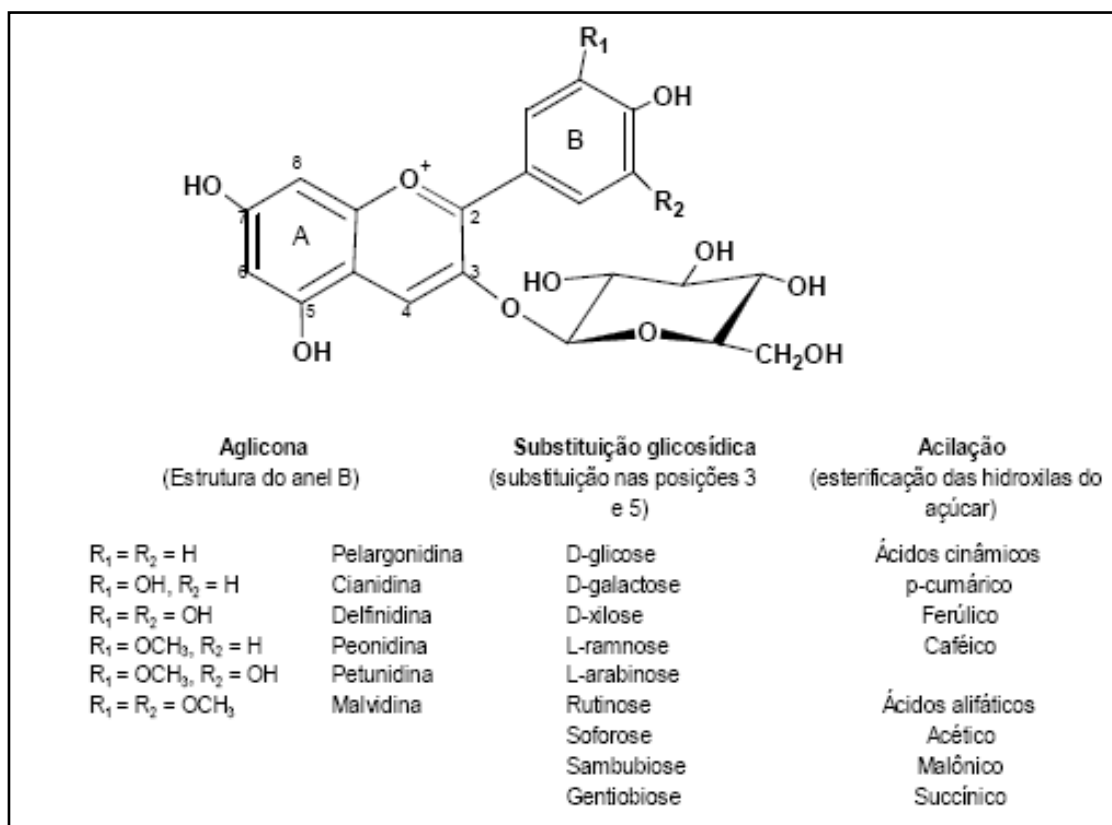


Figura 05 – Estrutura química das antocianinas e possíveis substituições na cadeia base . Fonte: Malacrida, 2006

Apesar de largamente disseminadas na natureza são poucas as fontes comercialmente utilizáveis de antocianinas, principalmente por sua instabilidade a baixos pHs. Entre essas fontes pode se citar o resíduo da fabricação do vinho e do suco de uva que produz o pigmento usado em alimentos com o nome de enocianina (BOBBIO e BOBBIO 2001). As antocianinas apresentam propriedades farmacológicas, sendo comprovados cientificamente seus efeitos anticarcinogênico (HAGIWARA *et al.*, 2001), antioxidante (WANG *et al.*, 2000) e antiviral (KAPADIA *et al.*, 1997). Kuskoski *et al.* (2004) estudaram a atividade antioxidante de pigmentos antociânicos em temperatura ambiente por meio do método de descoloração do radical ABTS⁺ (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina- 6-sulfonato). Os resultados obtidos demonstraram que estes pigmentos apresentam atividade antioxidante potencial, a qual varia conforme as diferentes substituições hidroxílicas e metoxílicas na molécula. Das antocianinas analisadas, agliconas com dois grupamentos OH substituídos no anel B (pelargonidina-3-glicosídeo, peonidina-3-glicosídeo e malvidina-3 glicosídeo) apresentaram maior atividade antioxidante do que aqueles com apenas um grupo OH no anel B (delfinidina e cianidina-3-glicosídeo).

A capacidade antioxidante, o conteúdo total de fenólicos (TPC) e o conteúdo total de antocianinas (TAC) foram analisados em 14 tipos de frutos da família Myrtaceae, incluindo a jabuticaba (*M. cauliflora*) por Reynertson *et al.* (2008), e demonstrados na tabela 03.

Tabela 03 – Resultados das análises de capacidade antioxidante (DPPH), Conteúdo total de fenólicos (TPC) e conteúdo total de antocianinas (TAC)

Espécie	DPPH(μg/ml)	TAC(mg/g)	TPC(mg/g)
<i>E. aggregate</i>	84,6 ± 2,63	1,26 ± 0,45	25,3 ± 1,54
<i>E. brasiliensis</i>	42,7 ± 5,92	8,37 ± 0,23	24,08 ± 1,06
<i>E. luschnathiana</i>	30,0 ± 4,86	ND	22,0 ± 0,21
<i>E. reinwardtiana</i>	110 ± 8,31	0,08 ± 0,03	9,25 ± 0,78
<i>M. cauliflora</i>	19,4 ± 0,28	2,78 ± 0,17	31,6 ± 0,39
<i>M. dúbia</i>	57,2 ± 5,61	Tr	101 ± 0,25
<i>M. vexator</i>	38,6 ± 2,40	6,84 ± 0,36	44,1 ± 1,21
<i>S. cumini</i>	389 ± 36	6,33 ± 0,10	9,95 ± 1,26
<i>S. currani</i>	33,4 ± 2,52	12,1 ± 0,53	39,6 ± 0,77
<i>S. jambos</i>	92,0 ± 8,24	ND	8,69 ± 0,57
<i>S. javanicum</i>	81,4 ± 6,24	0,09 ± 0,004	3,57 ± 0,24
<i>S. malaccense</i>	269 ± 7,66	Tr	8,58 ± 0,12
<i>S. samarangense</i>	77,5 ± 4,19	0,07 ± 0,03	18,0 ± 0,70

ND: não detectado / Tr: menos de 1mg/g E = *Eugenia* / M = *Myrciaria* / S = *Syzygium*

Fonte: Reynertson *et al.* (2008).

Dentre as estruturas conhecidas, seis são mais encontradas com maior frequência em vegetais e seus nomes derivam das espécies das quais foram isoladas pela primeira vez: pelargoidina, cianidina, delfinidina, peonidina, petunidina e malvidina (Figura 07). As três primeiras diferem entre si no grau de hidroxilação no anel B e as três seguintes são derivados metilados encontrados em maior proporção nas flores do que em frutos, sendo que a hidroxila na posição 4, geralmente, não é metilada (GROSS, 1987).

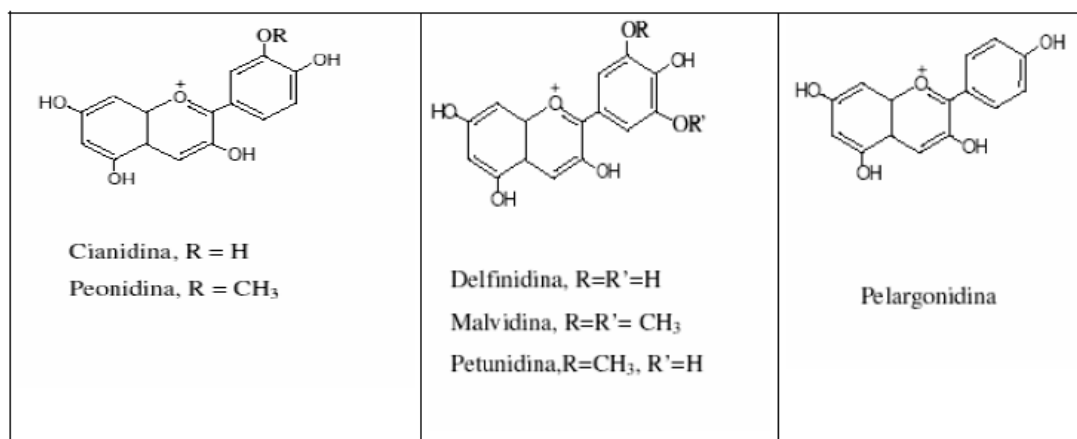


Figura 06 - Principais antocianinas encontradas em alimentos

Fonte: Bobbio e Bobbio (2003)

A coloração de uma mesma antocianina pode variar nas plantas pela sua associação com outros compostos presentes nas mesmas (BOBBIO e BOBBIO, 2003). Corantes naturais em geral têm sido utilizados em bebidas e em cosméticos sendo que nos últimos anos o interesse por esses aditivos aumentou consideravelmente devido a aparente ausência de toxicidade, propriedades funcionais associadas e também porque esses corantes são ambientalmente mais seguros (KAPADIA *et al.*, 1997).

Estudos do consumo de antocianinas nos Estados Unidos e na Itália, respectivamente, revelaram que esses pigmentos estão livres de toxicidade (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997). É sabido que o alto consumo de gorduras saturadas está fortemente correlacionado com o alto índice de mortalidade por doenças coronárias. Porém, a região sul da França, possui um índice muito baixo de mortalidade por doenças coronárias, apesar de ter uma dieta rica em gordura e um alto índice de fumantes. Esse “paradoxo francês” é atribuído em parte ao alto consumo de vinho naquela região. As substâncias presentes no vinho (principalmente polifenóis) são apontadas como protetoras contra doenças coronárias (FAUCONNEAU *et al.*, 1997). Em outro estudo, Youdim (2000) verificou a capacidade do endotélio em incorporar antocianinas de *elderberry* (*Sambucus nigra*), a fim de avaliar o potencial antioxidante destes pigmentos, uma vez que a disfunção do endotélio possui importante papel na iniciação de doenças vasculares. Esses pesquisadores constataram que as células endoteliais de aortas bovina e humana são capazes de incorporar antocianinas em sua membrana plasmática e citosol celular, conferindo significativo efeito protetor ao estresse oxidativo.

As antocianinas são pigmentos solúveis em solventes polares e geralmente são extraídas das plantas com metanol contendo ácido clorídrico ou ácido fórmico. A presença do ácido diminui o pH da solução e previne a degradação de antocianinas não aciladas. Porém,

pequenas quantidades de ácido podem causar hidrólise parcial ou total de moléculas acil de antocianinas aciladas presentes em algumas plantas (COSTA *et al.*, 2000).

A extração das antocianinas é o primeiro passo para determinação do teor de antocianinas em qualquer tipo de tecido de plantas (FULEKI *et al.*, 1968). Como as antocianinas estão localizadas nos vacúolos das células hipodérmicas, próximas à superfície, o procedimento de extração geralmente envolve o uso de solventes ácidos que desnaturam a membrana do tecido celular e simultaneamente dissolvem os pigmentos (COSTA *et al.*, 2000). O etanol pode ser preferido para extração de antocianinas, quando utilizadas em alimentos, pois seu potencial de extração é apenas levemente inferior ao metanol e pode-se evitar a toxicidade de soluções metanólicas (TERCI, 2004). Os solventes podem ser parcialmente ou totalmente eliminados em rota-evaporador em temperaturas que variam de 30 à 40 °C. Temperaturas mais elevadas podem degradar as antocianinas durante a concentração do extrato (TERCI, 2004). A quantificação de antocianinas envolve diferentes técnicas; podendo avaliar o conteúdo das antocianinas totais ou individualmente. O teor de antocianinas totais é determinado em extratos brutos contendo outros compostos fenólicos naturalmente presentes, pela medida da absorvidade da solução em um comprimento de onda (nm) específico. Isso é possível porque as antocianinas possuem absorção máxima na região visível entre 500 e 535 nm (MARKAKIS, 1982).

2.4.4 SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS

A parede celular vegetal é uma estrutura dinâmica, que pode ser alterada ao longo da vida celular em resposta ao crescimento, diferenciação, ambiente e atividades da célula. Nas células vivas, a parede celular influencia a taxa e a direção do crescimento celular, exercendo uma influência no desenvolvimento e morfologia vegetal. Assim, determina a forma da célula, a textura do tecido e a forma final do órgão vegetal (CARPITA *et al.*, 2000).

As células de plantas em crescimento apresentam uma parede primária, capaz de se expandir. Os polissacarídeos somam cerca de 90% dos polímeros estruturais das paredes celulares primárias. Quando uma célula cresce, as ligações entre os polissacarídeos da parede são rompidas, a célula se expande e novos polissacarídeos são sintetizados e inseridos entre os já existentes. Este processo envolve o rompimento e a formação de numerosas ligações covalentes e não covalentes. Desse modo as células podem aumentar muitas vezes seu comprimento, sem enfraquecimento da parede (ALBERSHEIM *et al.*, 1996; CARPITA *et al.*, 2000).

A região que une as paredes primárias de células vizinhas é a lamela média, uma camada rica em pectinas (ALBERSHEIM *et al.*, 1996). A parede celular é uma estrutura altamente organizada composta de diferentes polissacarídeos, proteínas e substâncias aromáticas. Os principais polissacarídeos presentes em paredes celulares são a celulose, a hemicelulose e a pectina (CARPITA *et al.*, 2000).

A pectina influencia a textura de frutos e verduras durante o crescimento, amadurecimento e armazenamento. Causando modificações importantes das propriedades de vegetais durante a estocagem e processamento (VORAGEN *et al.*, 1995).

Como um dos principais produtos obtido a partir do aproveitamento de resíduos agrícolas, a pectina pode ser considerada a um grupo de polissacarídeos variados, extraídos de plantas e usados como agentes geleificantes e estabilizantes na indústria alimentícia (CANTERI, 2010).

A pectina corresponde a cerca de um terço da matéria seca da parede celular de dicotiledôneas e muitas monocotiledôneas, onde exercem diferentes funções. São encontradas na lamela média das paredes celulares vegetais, onde são importantes para a adesão célula-célula. Já as pectinas presentes na parede celular primária contribuem para a retenção de água e formação de géis, que influenciam as propriedades mecânicas da parede celular (CARPITA *et al.*, 2000).

As cadeias de pectina podem estabelecer ligações cruzadas com íons cálcio nas chamadas zonas de junção. A extensão dessas zonas e o padrão de substituição na cadeia principal permitem a formação de um gel que fornece um fino controle da porosidade da parede, regulando a difusão de íons, nutrientes e enzimas da parede celular, modulando o pH e o balanço iônico. Por limitar a porosidade da parede, as pectinas podem afetar o crescimento celular, regulando o acesso de enzimas aos seus substratos. As pectinas servem como moléculas de reconhecimento que sinalizam a presença de patógenos e insetos nas plantas (CARPITA *et al.*, 2000; McCANN *et al.*, 1995).

A descoberta do composto químico foi feita por Vauquelin em 1790, mas Braconnot foi o primeiro a caracterizá-la como composto das frutas responsável pela formação do gel e sugeriu o nome pectina, palavra grega que significa espesso (CANTERI, 2010).

Segundo Pellerin (1996), e Voragen (1995)

“Quimicamente, as pectinas compreendem uma família de polissacarídeos constituída por homogalacturonanas (HG) e ramnogalacturonanas (RG), ilustradas na Figura 07. As homogalacturonanas constituem a região lisa das cadeias de pectinas e são homopolímeros de

unidades de ácido D-galacturônico unidas por ligações glicosídicas do tipo α (1→4), nas quais muitos dos grupos ácidos estão metil-esterificados. As ramnogalacturonanas constituem a região ramificada das pectinas e são divididas em dois tipos: ramnogalacturonanas I (RG-I) e ramnogalacturonanas II (RG-II). A RG-I consiste de uma cadeia principal de unidades alternantes de ácido D-galacturônico ligadas α (1→4) e ramnose ligadas α (1→2), à qual se ligam cadeias laterais neutras tais como arabinanas e arabinogalactanas. Outros açúcares que podem estar ligados nas cadeias laterais são: D-xilose, D-glucose, D-manose, D-fucose e ácido D-glucurônico. A RG-II é o menor e mais complexo polissacarídeo péctico das paredes celulares vegetais. Contém uma alta proporção de unidades de ramnose ligadas α (1→3) e α (1→2,3,4) e como unidades terminais”.

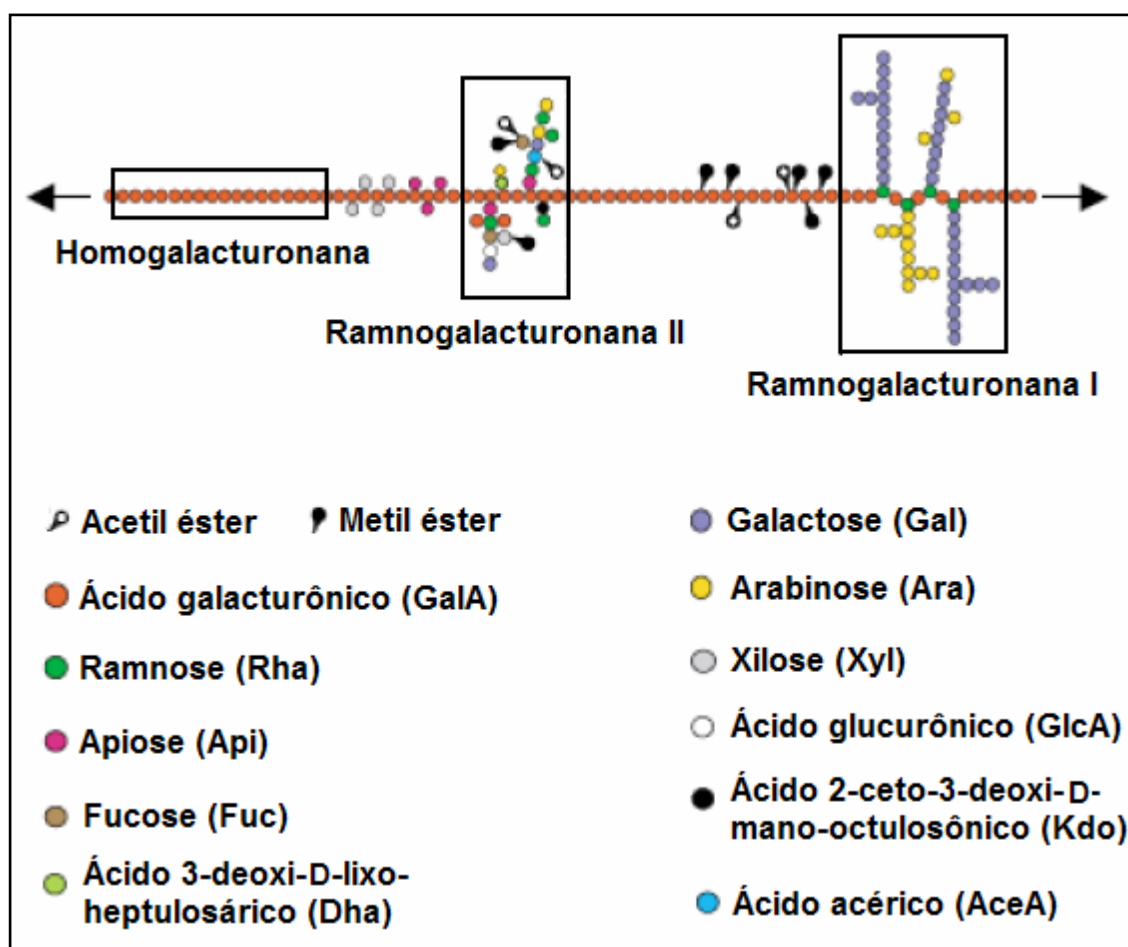


Figura 07 - Representação esquemática das estruturas de pectinas
Adaptado de: Willats et al (2006).

Em sua revisão, Wosiacki (1971, 1977) relata que

“substâncias pécticas são carboidratos coloidais complexos, estruturais e produzidos por plantas, contendo alta proporção de unidades de ácido anidrogallacturônico. Os grupos carboxílicos dos ácidos galacturônicos podem estar parcialmente esterificados por grupos metoxílicos e parcialmente neutralizados por uma ou mais bases. A protopectina é a substância precursora da pectina, insolúvel em água, presente em tecidos vegetais, que hidrolisada resulta

em ácidos pectínicos. Pode estar ligada à celulose, sob a forma de complexo, insolúvel em água, liberando-se a pectina por breve aquecimento em meio ácido”.

O termo ácido péctico aplica-se a substâncias pécticas compostas de ácido poligalacturônico coloidal e essencialmente livre de grupos metoxílicos e seus sais são o pectato ou o poligalacturonato. A pectina tem posição de domínio sobre outros aditivos como agente geleificante em doces, geléias e marmeladas por três motivos principais: [1] o conteúdo de pectina natural em frutas usadas para fazer doces é responsável pela gelatinização na produção doméstica há séculos, [2] a pectina é compatível com uma imagem natural do produto e [3] tem boa estabilidade no pH de geléias, mesmo quando quente (WHISTLER, 1993).

As moléculas de pectina são segmentos lineares de ácido galacturônico cujos grupos carboxílicos podem estar esterificados com metanol (ROLIN, 1993). A proporção de grupos carboxílicos metil-esterificados nas pectinas é expressa como grau de esterificação (DE). Dependendo do grau de esterificação, as pectinas são divididas em dois grupos: pectinas com alto teor de metil-esterificação (HM) com um DE superior a 50%, e pectinas com baixo teor de metil-esterificação (LM) (Figura 08), com um DE inferior a 50% (VORAGEN *et al.*, 1995).

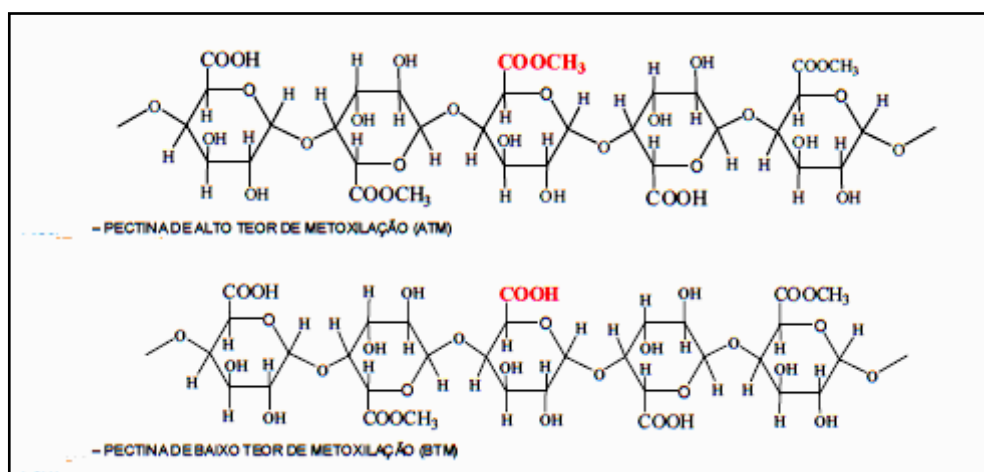


Figura 08 – Estrutura das pectinas de alto e baixo teor de metoxilação.

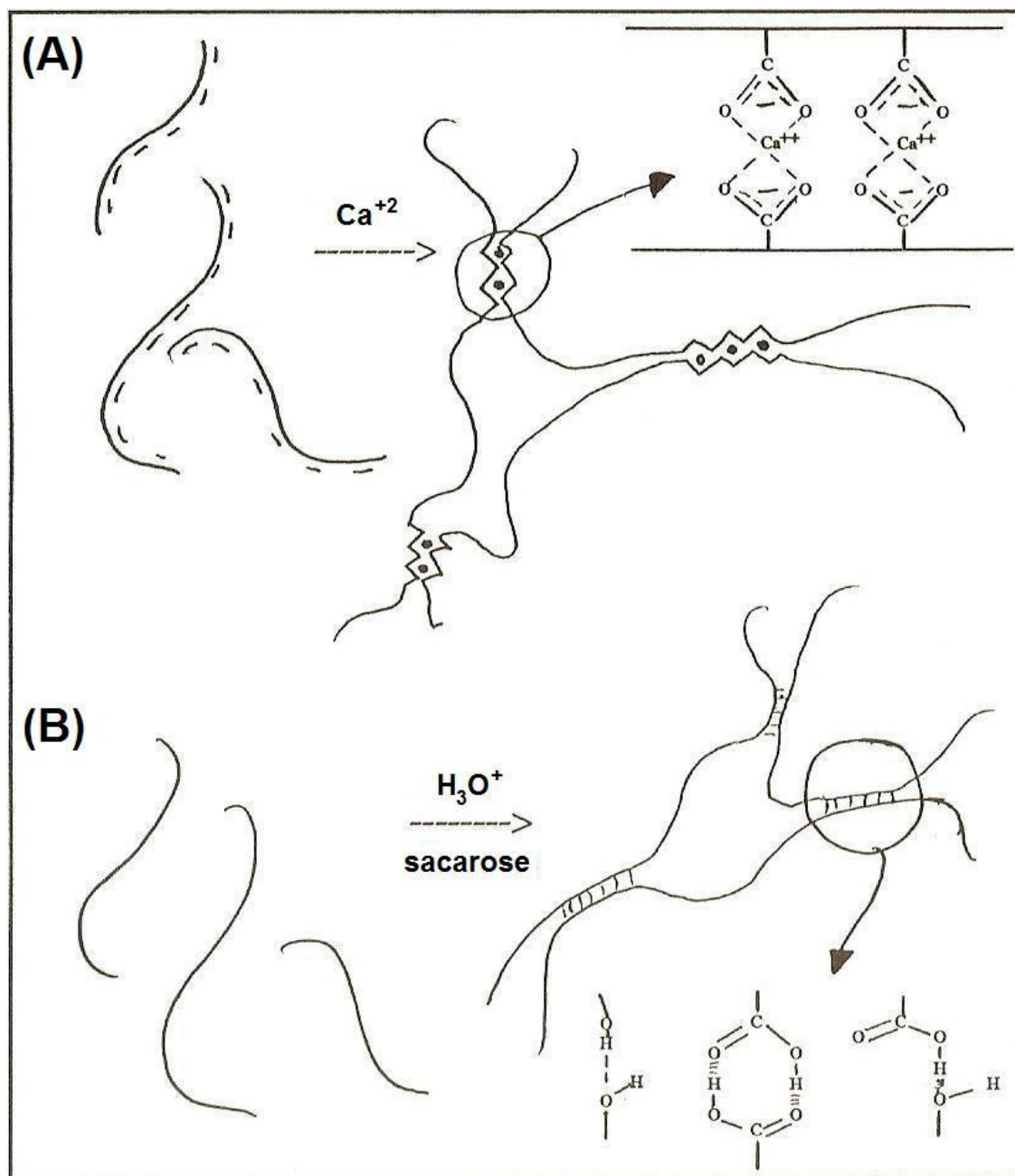
Fonte: Canteri, (2010).

As pectinas de alto teor de esterificação (HM) e de baixo teor de esterificação (LM) são diferentes quanto ao seu modo de geleificação. A geleificação de pectinas de alta metilação é observada em pH ácido (inferior a 3,5), na presença de grandes quantidades de açúcares ou co-solutos semelhantes (tipicamente 60-65% de sacarose), sendo este o procedimento usado na produção convencional de geléias (BULONE *et al.*, 2002).

A alta concentração de co-solutos cria condições de baixa atividade da água, onde as interações cadeia-cadeia predominam em relação às interações cadeia solvente, enquanto que o pH ácido reduz as cargas negativas dos grupos carboxílicos, diminuindo assim as repulsões eletrostáticas entre as cadeias (ROLIN, 1993; VORAGEN *et al.*, 1995). Com a redução das repulsões e da disponibilidade de água para solvatação das pectinas HM, há aproximação das cadeias e a formação de zonas de junção, que são estabilizadas por interações hidrofóbicas entre os grupos éster metílicos e por pontes de hidrogênio entre grupos carboxílicos não-dissociados e álcoois secundários como demonstrado na Figura 09(B) (THAKUR *et al.*, 1997). Sob condições semelhantes, pectinas HM com maior massa molecular formam géis mais fortes. Grupos acetílicos em proporções elevadas impedem a geleificação das pectinas e o grau de esterificação, dentro do grupo das pectinas HM, determina seu nível de geleificação em termos de temperatura e pH, desde pectinas ultra-rápidas até lentas (VORAGEN *et al.*, 1995).

Tsoga *et al.*, (2004) estudaram o comportamento de géis de pectinas comerciais com DE 70% (a 1%) empregando como solutos sólidos xilitol, sorbitol, glucose, frutose ou sacarose em concentrações de 50, 55, 60 e 65%, variando a temperatura de 5-90°C e em pH fixo em 3,0. Os géis mais fortes foram obtidos com a sacarose. Usando uma pectina comercial com DE 70,3% na concentração de 0,5% e 65% de sacarose e pH variando entre 3,0 e 4,7 a força dos géis aumentou com a redução do pH. Os autores demonstraram que valores de pH muito baixos são críticos para a geleificação deste tipo de pectina e que não ocorre formação de géis em pH superior a 3,5.

As pectinas de baixa metilação (LM), com grau de esterificação abaixo de 50%, a geleificação acontece na presença de cátions divalentes, como o cálcio, que age como uma ponte entre pares de grupos carboxílicos de diferentes cadeias de pectinas numa ampla faixa de pH, formando zonas de junção, como demonstrado na Figura 09 (A)(ROLIN, 1993).



Fonte: ROLIN, (1993)

Figura 09 – Representação do processo de geleificação de pectinas com alto (B) e baixo (A) grau de esterificação.

Neste tipo de formação de zonas de junção as cadeias de pectato são hélices duplas e nas zonas de junção, com seu arranjo antiparalelo, estas cadeias formam espaços ou fendas de ligação, as quais aprisionam íons cálcio, que ligam as cadeias entre si (ROLIN, 1993).

Pela natureza eletrostática das ligações, os géis de pectinas de baixa metoxilação (LM) são muito sensíveis a parâmetros intrínsecos que podem modificar o ambiente dos grupos carboxílicos, como a natureza, distribuição e quantidade de substituintes ao longo da cadeia

galacturônica. Assim, a capacidade de formação de gel aumenta com o decréscimo do DE, e pectinas LM com grupos carboxílicos livres distribuídos em blocos são muito sensíveis a baixos níveis de cálcio. A acetilação reduz a afinidade das pectinas para com o cálcio e a amidação (presença de grupo amida em C-6) melhora a capacidade das pectinas LM de formar géis (VORAGEN *et al.*, 1995). O processo de geleificação de pectinas LM também depende de fatores externos, como temperatura, pH, força iônica e quantidade de cálcio adicionada. Se a sacarose estiver presente, seu efeito combinado com o pH permite geleificação a menores níveis de cálcio por promover interações cadeia-cadeia (VORAGEN *et al.*, 1995).

Os sistemas contendo pectinas LM geleificarão quase que instantaneamente quando submetidos a temperaturas abaixo da de geleificação enquanto que sistemas com pectinas HM geleificarão após certo tempo. O gel de pectina HM não pode ser desfeito, mas um gel de pectina LM pode, na maioria dos casos, ser desfeito e reconstituído repetidamente, ou seja, é termorreversível (ROLIN, 1993).

Por suas características de geleificação, pectinas LM são preferencialmente usadas em produtos com baixo teor de açúcar, tais como géis e geléias de baixo teor calórico, produtos de confeitaria, e outras aplicações que envolvam restrição no conteúdo de açúcar. Por ser termoreversível, o uso do gel LM é utilizado em recheios e coberturas de produtos de padarias e confeitarias que passam por procedimentos de esterilização ou pasteurização, ou ainda aquecimento em microondas. As pectinas comerciais LM podem ser obtidas através da desesterificação de pectinas HM por tratamento com ácidos, álcalis, amônia ou enzimas (ROLIN, 1993).

2.4.5 MINERAIS

Os alimentos de origem vegetal, como as hortaliças e frutas, desempenham um importante papel na alimentação humana devido ao valor nutricional e atributos sensoriais. Contudo, podem ocorrer alterações fisiológicas, químicas e enzimáticas que resultam em redução da qualidade nutricional desses alimentos (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992).

Sabe-se da grande importância da inclusão de hortaliças variadas na alimentação cotidiana, isso se deve ao efeito alcalinizante sistêmico desses vegetais que além de favorecer o preenchimento das cotas de vitaminas e minerais, aumentam a formação dos resíduos alimentares no trato gastrointestinal (FRANCO, 2004). Embora presentes na dieta, alguns minerais não são ingeridos nas quantidades adequadas para suprir as necessidades metabólicas diárias. Para que essa ingestão seja suficiente deve-se preferencialmente optar pelo consumo

de vegetais, pois são nesses alimentos que estão presentes em maior concentração os sais minerais (ORNELLAS, 2001).

De modo geral, os minerais regulam o metabolismo de diversas enzimas, mantêm o equilíbrio ácido-básico e a pressão osmótica, facilitam a transferência de compostos essenciais através das membranas e, em alguns casos, fazem parte dos elementos constituintes dos tecidos do organismo. A utilização dos nutrientes energéticos pelo organismo é comprometida se houver deficiências de minerais (FERREIRA; GOMES, 1996).

Em alguns casos, os íons minerais são constituintes estruturais dos tecidos corporais extracelulares, tais como ossos e dentes. Muitos minerais, como zinco e ferro, participam de diferentes maneiras no processo de crescimento e possuem papéis no sistema imunológico (BEYER, 2005).

Em estudos realizados pelo Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, verificou-se que as hortaliças fornecem 2% do total energético e 40% do teor de minerais da dieta. Esses dados evidenciam claramente o baixo consumo de hortaliças pelo grupo avaliado, frente às necessidades nutricionais desses nutrientes, que se não ingeridos corretamente podem acarretar diversas deficiências nutricionais e diminuição da efetividade do sistema imunológico do indivíduo (PILON, 2003).

Dutra de Oliveira e Marchini (1998) relatam que

“os minerais são uma grande classe de micronutrientes, sendo em sua maioria considerados essenciais. São tradicionalmente divididos em macro minerais (elementos de volume) e micro minerais (elementos traço)”.

Os macronutrientes minerais são encontrados no corpo e em alimentos, no estado iônico e representados pelo sódio, potássio, cálcio, cloro, enxofre e fósforo. Os microminerais, presentes em pequenas quantidades, são essenciais para o crescimento, saúde e desenvolvimento. Seus representantes são ferro, zinco, selênio, cobre, cromo, flúor, iodo, manganês e molibdênio (MOREIRA, 2006).

Segundo Cecchi (2003), os alimentos frescos de origem vegetal têm composição mais variada que os alimentos frescos de origem animal. É importante que vegetais da mesma variedade podem ter composições químicas diferentes, ou a composição pode variar mesmo após a colheita. Os fatores que as influenciam diretamente são a constituição genética, as condições de crescimento, o estágio de maturação, a estocagem e a parte do alimento (casca ou polpa).

As perdas de minerais em vegetais ocorrem quando acontece algum tipo de processamento, que podem ser: métodos de cocção, congelamento, pré-preparo, secagem ou processamento mínimo de algum vegetal. Essas perdas são resultantes de injúrias nos tecidos vegetais, como descascamento, corte e centrifugação, normalmente utilizadas durante o processamento mínimo, provocando uma série de injúrias nos tecidos (PILON, 2003).

Embora a composição de minerais de diversos frutos comercializados esteja bem estabelecida, o mesmo não ocorre com frutos nativos, indicando a necessidade de pesquisas nessa área. Segundo Oliveira *et al.* (2003) em seus estudos com os teores de macro e micronutrientes encontrados na polpa de jabuticabas provenientes de 10 regiões (Tabela 4) independente do local de cultivo a composição não é semelhante, revelando uma maior variabilidade, principalmente para o potássio, o cálcio e o magnésio, entre os macro nutrientes, e para o cobre, o cálcio e o magnésio, entre os micronutrientes. Quanto ao manganês, apenas as jabuticabas provenientes da região de Viradouro- SP apresentaram a presença deste mineral. Os teores de potássio variaram de 0,1 a 1,06g por 100g, o de magnésio de 0,07 a 0,60g por 100g e o de cálcio de 0,02 a 1,11g por 100g.

Tabela 04 - Teores de macrominerais e microminerais em jabuticabas “Sabará”, provenientes de diferentes regiões de cultivo. Safra 2001.

Região de cultivo	Macrominerais (gramas por 100gramas)					Microminerais (em gramas por 100gramas)			
	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Casa Branca-SP	0,03a	0,96b	0,06f	0,46c	0,02a	0,40a	1,01b	0,00b	0,10f
Viradouro-SP	0,03a	1,06a	0,02b	0,60a	0,02a	0,30b	0,40j	0,30a	0,20e
Guaira-SO	0,02b	0,61d	0,02b	0,57b	0,01b	0,07d	1,50g	0,00b	0,00g
Ibitiúva-SP	0,01c	0,86c	0,03g	0,23d	0,01b	0,15c	0,80i	0,00b	0,00g
Aramina-SP	0,01c	0,41b	1,41a	0,13g	0,01b	0,00c	4,40f	0,00b	1,40b
Jeriquara-SP	0,01c	0,51f	0,31c	0,07i	0,01b	0,00c	9,70f	0,00b	0,30d
Miguelópolis	0,02b	0,10j	0,42c	0,08b	0,01b	0,00c	5,50c	0,00b	0,00g
Ituverava-SP	0,01c	0,19i	0,36d	0,08b	0,01b	0,00c	6,60d	0,00b	0,50c
Pedregulho-SP	0,01c	0,42g	0,64b	0,14f	0,01b	0,00c	6,30d	0,00b	0,20c

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2003.

2.5 REFERÊNCIAS

AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and, metabolism. **Nutrition**. v. 18, n. 1, p. 75-81, New York, 2002.

ALBERSHEIM, P. DARVILL A.G.; M.A. O'NEILL, M. A., VORAGEN, A.G. J. An hypothesis: the same six polysaccharides are components of the primary cell walls of all higher plants. **Progress in Biotechnology: Pectins and Pectinases**. Amsterdam: Elsevier, 1996, v. 14, p. 47-55.

AMY KING, R. D.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, p. 213-218, 1999.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. 3 ed., Ed. Globo, p.131-135, Rio de Janeiro, 1988.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. Globo, São Paulo, p.130-135, 1989.

ANJOS, A. M. G.; FERRAZ, I. D. K. Morfologia, germinação e teor de água das sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 29, n. 3, p. 337-348, 1999.

ANTUNES, A. J.; CANHOS, V. **Aditivos em Alimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1984.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Revista Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, p. 897 – 905, out-dez. 2006.

ASQUIERI, E. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Fabricación de vino blanco y tinto de jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg) utilizando la pulpa y la cáscara respectivamente. **Alimentaria**, Madrid, n. 355, p. 97-109, 2004.

BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. v. 2, Editora Universitária, Viçosa, 1991.

BENZA, J. C. **143 Frutales Nativos**. Universidade Nacional Agrária La Molina, p 366, Peru 1980.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 292, p. 70-76, 1996.

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

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo Varela, 1989.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. p. 103-118

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3º ed. p. 218-233, São Paulo: Editora Varela, 2003

BRAVERMAN, J. B. S.; BERK, Z. **Braverman's Introduction to the Biochemistry of Foods**. Elsevier, p. 315, 197.

BEYER, P. L. **Digestão, absorção, transporte e excreção de nutrientes**. Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia. 11. ed., cap.11, São Paulo, 2005.

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

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colors-selected aspects. **Food Chemistry**, v. 58, n.1-2, p. 103-109, Great Britain ,1997.

BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L.; SALANDINI, C. L.; BAZZO, F. R. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jabuticabas (*Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg) cv 'SABARÁ'. **Revista Ciências e Tecnologias Alimentos**, v. 24(3), p. 378-383, jul.-set., Campinas, 2004.

BURNS, J.; GARDNER, P. T.; MATTHEWS, D.; DUTHIE, G. G.; LEAN, M. E. J.; CROZIER, A. Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 5797-5808, 2001.

BULONE, D.; MARTORANA, V.; XIAO, C.; SAN BIAGIO, P. L. Role of Sucrose in Pectin Gelation: Static and Dynamic Light Scattering Experiments. **Macromolecules**, v. 35, p. 8147-8151, 2002.

CARPITA, N.; McCANN, M. The Cell Wall. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland: Couries Companies, 2000. p. 52-89.

CARVALHO, J. C; GOSMANN, G.; SCKENKEL, E. P. **Compostos fenólicos simples e heterosídeos. In: farmacognosia, de planta ao medicamento**. Editora da UFSC, p. 433-450, Florianópolis, 1999.

CEAGESP, Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. São Paulo 2008, Disponível em <<http://www. www.ceagesp.gov.br/>> Acesso em julho de 2008.

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

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Espanha: Acribis, 1992.

CHIARELLI, R. H. C.; NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI FILHO, W.G. Fermentados de Jaboticaba (*Myrciaria Cauliflora Berg*): Processos de Produção, Características Físico-químicas e Rendimento. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, n.4, p. 277-282, out/dez 2005

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University, New York, 1981.

COSTA, C. T.; HORTON, D.; MARGOLIS, S. A. Review. Analysis of anthocyanins in foods by liquid chromatography, liquid chromatography-mass spectrometry and capillary electrophoresis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 881, p. 403- 410, 2000.

DONADIO, L.C. **Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba (Vell.) Berg.*)**, FUNEP, p. 55, Jaboticabal, 2000.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas Brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP, p. 288, 2002.

DONER, L. W. The sugars of honey - A review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Philadelphia, v.28, n.5, p. 443-456, 2006.

DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998

FALCÃO, L. D. Copigmentação intra e intermolecular de antocianinas: uma revisão. **Boletim do CEPPA**, v. 21, n. 2, p. 351-366, 2003.

FAUCONNEAU, B.; WAFFO-TEGUO, P.; HUGUET, F.; BARRIER L.; DECENDIT, A; MERILLON, J. M. Comparative study of radical scavenger and antioxidant properties of phenolic compounds from *Vitis vinifera* cell cultures using in vitro tests. **Life Sciences**, USA, v. 61, n. 21, p. 2103-2110, 1997.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1993.

FERREIRA, K.S.; GOMES, J.C. **A desnutrição mineral na dieta básica do Brasil e suas consequências para a saúde da população**. Revista SBCTA, p.105, Poços de Caldas, 1996.

FRANCIS, F. J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, v. 28, p. 273-314, 1989.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. Editora Atheneu, 9 edição São Paulo, 2004.

FULEKI, T; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanins in cranberries. **Journal of Food Science**, Amherst (Massachusetts/USA), v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968a.

GLAZER, N.; NIKAIDO, H. **Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology**. W. H. Freeman and Company, ed. 2, Nova Iorque, 1995.

GLICKSMAN, M. **Food Hydrocolloids**. CRC Press, p. 205-230, Florida, 1986. GROSS, J. Antocianinas. In: GROSS, **Journal Pigments in fruits**. Academic Press, New York, 1987.

GOMES, R. P. **Fruticultura Brasileira**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1983.

GOMES, P. - **Fruticultura Brasileira** - Livraria Nobel S/A - São Paulo –SP, 2000.

HAGIWARA, A. Pronounced inhibition by a natural anthocyanin, purple corn color, of 2-amino-16-phenylimidazol (4,5- b) pyridine (PhIP)-associated colorectal carcinogenesis in male F344 rats pretreated with 1,2-dimethylhydrazine. **Cancer Letters**, v. 171, p. 17-25, 2001.

HERBSTREITH & FOX. **The specialists for pectin**. Disponível em: <<http://www.herbstreith-fox.de/pdf/ehfspez.pdf>> Acesso em 03 ago. 2008.

JACKMAN, R. L.; SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G. A. F.; HOUGHTON, J. D. (Eds.) **Natural Food Colorants**. 2nd ed. Londres: Chapman & Hall, 1996.

JESUS, N. Caracterização de quatro grupos de jaboticabeira, nas condições de Jaboticabal-sp, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 482-485, Jaboticabal – SP, Dez., 2004.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. Companhia Editora Nacional, p. 777, São Paulo, 1993.

KAPADIA, G. J.; BALASUBRAMANIAN, V.; TOKUDA, H.; IWASHINA, A; NISHINO, H. Inhibition of 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate induced Epstein virus early antigen activation by natural colorants. **Cancer Letters**, Ireland, n. 115, p. 173 – 178, 1997.

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, H. M.; SUHAILA, M. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Chicago: v.49, n. 6, p. 3106-3112, 2001.

KUSKOSKI, E. M. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 691-693, 2004.

YILMAZ, Y. TOLEDO, R. T.; **trends in Food Science e Technology**; Vol 15, 2004.

YOUDIM, K. A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J. A. Incorporation of elderberry anthocyanins by endothelial cells increases protection against oxidative stress. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 29, n. 1, p. 51-60, 2000.

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A. A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4083-4089, 2001.

YANG, C. S.; LANDAU, J. M.; HUANG, M.; NEWMARK, H. L. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. **Annual Review of Nutrition**. 2001.

LIMA, D. M.; COLUGNATI, F. A. B.; PADOVANI, R. M.; AMAYA, D. B. R.; SALAY, E.; GALEAZZI, M. A. M.; **Tabela brasileira de composição de alimentos –TACO**, NEPA-UNICAMP: São Paulo, 2006.

LORENZI, H.; **Árvores brasileiras**. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Plantarum Ltda, São Paulo, 1992

MANGALHÃES, M. M.; BARROS, R. S.; FINGER, F. L. Changer in nonstructural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jaboticaba*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 66, p.17-22, 1996.

MALACRIDA, C. R. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade, **Revista Brasileira CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 59- 82, Curitiba, jan./jun. 2006.

MARKAKIS, P. **Anthocyanin as food colors**. New York: Academic Press, Inc., 1982.

MARITINEZ- FLOREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J.M.; TUÑÓN, M. J. Los Flavonóides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrição hospitalar**; v 17, nº 6, p. 271-278, 2002.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC Press, p. 362, 1993.

McCANN, M. C.; STACEY, N. J.; ROBERTS, K., CARPITA, N. C.; WELLS, B. Old and new ways to probe plant cell-wall architecture. **Canadian Journal of Botany**, v. 73, p. 103-113, 1995

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S., DE LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193-201, 2008.

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.

MENDONÇA, R. M. N.; **Maturação, secagem e armazenamento de sementes e propagação vegetativa de jaboticabeiras (*Myrciaria* sp.)**. Viçosa. Tese (doutorado em Universidade Federal de Viçosa), 2000.

MIDDLETON, E. JR.; KANDASWAMI, C.; THEOHARIDES, T. C., The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation heart disease and cancer. **Pharmacology Reviews**, p. 673–751, 2000.

MOREIRA, T. R. **Análise de perdas de minerais em hortaliças submetidas a dois métodos de cocção.** (Trabalho de conclusão de curso), Santa Maria, 2006. Disponível em : <http://www.nutricaoativa.com.br/arquivos/monografia3.pdf>

OCHSE, J. J.; SOULE, J. M. J.; DIJKMAN, M. J.; WEHLBURG, C. **Tropical and subtropical agriculture.** 2. ed., p. 684-686, New York, 1966.

OLIVEIRA, A. L.; BRUNINI, M. A.; SALANDINI, C. R.; BAZZO, F. R. Caracterização tecnológica de jaboticabas ‘sabará’ provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 397-400, Dezembro 2003

ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética: Seleção e preparo de alimentos.** 7.ed., Ed. Atheneu, São Paulo, 2001.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. **Chemical Senses**, v. 23, n. 3, p. 371-378, Oxford, 1998.

PÉREZ, D. M; MARTINS, A. B. G. Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.): una fruta brasilena. **Frutales para o México.** p. 170-188, México: Casa Abierta, 2002.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração.** 2003. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia dos Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

RAUHA, J. P.; Remes, S.; Heinonen, M.; Hopia, A.; Kähkönen, M. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. **International Journal of Food Microbiology.** Amsterdam: v.56, n.1, p. 3-12, 2000.

REYNERTSON, K. A., YANG, H., JIANG, B., BASILE, M. J., KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, N. 109, p. 883-890, 2008

RIBEIRO, J. E. L. S. **Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central.** INPA, p. 800, Manaus, 1999.

RIDLEY, B. L.; O’NEILL, M. A.; MOHNEM, D. Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. **Phytochemistry**, v. 57, p. 929-967, 2001.

ROLIN, C. Pectins. In: WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. **Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives.** 3 ed. San Diego: Academic Press, 1993.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications.** 1995, p. 331, Lancaster: Technomic.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G., Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. **Journal of Nutrition**, 130: 2073S-2085S, 2000.

SCALZO, J.; POLITI, A.; PELEGRINI, N.; MEZZETI, B.; BATTINO, M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 207-213, 2005.

SCARPARE, F. V.; KLUGE, R. A.; SCARPARE FILHO, J. A.; BORBA, M. R. C. **Propagação da jabuticabeira ‘Sabará’ (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg.) através de estacas caulinares**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002. Anais 2002.

SCHOLS, H. A.; VORAGEN, A. G. J. Complex pectins: structure elucidation using enzymes. In: Visser J.; **Pectins and pectinases**. p. 3-19, Netherlands: Elsevier, 1996.

SILVA, M. B. S. **Flavonóides com capacidade antioxidante**. Revisão Literária. Faculdade de ciências e tecnologia Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2006.

SILVA, P. H. Avaliação da composição química de fermentados alcoólicos de jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba*). **Revista Química Nova**, v. 15, Viçosa – MG, 2008.

SILVEIRA, F. T.; Caracterização citogenética em duas espécies do gênero *Myrciaria*, **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, N. 2, 2006.

SLUIS, A. A. MATTHIJS DEKKER, M.; SKREDE, G.; JONGEN, W. M. F. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 49, p. 3606-3613, Chicago, 2001.

SOBRINHO, S. J; GURGEL, J. T. A. Características das sementes de *Myrtaceas* frutíferas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, p. 83-90, 1952.

SOUZA, R. B. **Acumulo e distribuição de Minerais no fruto de Jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg cv. Sabará)**. UFV, Viçosa, 1992.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. [Consulta em 12/10/2009]. Disponível em <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf>

TERCI, D. B. L. **Aplicações Analíticas e Didáticas de Antocianinas Extraídas de Frutas**. Campinas: Instituto de Química da UNICAMP, 2004 (Tese, Doutorado em Química Analítica).

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 37, p. 47-73, 1997.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I.; CREMIN, M.; WATERHOUSE, A. L.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. . HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, na plums. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 49, p. 4748-4760, Chicago, 2001.

TSOGA, A.; RICHARDSON, R. K.; MORRIS, E. R. Role of cosolutes in gelation of high-methoxyl pectin. Part 1. Comparison of sugars and polyols. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 907-919, 2004.

VINSON, J. A.; SU, X.; ZUBIC, L.; BOSE, P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 49, p. 5315-5321, Chicago, 2001.

VORAGEN, A. G. J.; PILNIK, W.; THIBAUT, J. F.; AXELOS, M. A. V.; RENARD, C. M. G. C. Pectin. In: STEPHEN, A. M. (Ed.). **Food polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 287- 340.

WANG, S. Y.; ZHENG, W. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 49, p. 4977-4982, Chicago, 2001.

WANG, C. J.; WANG, J. M.; LIN, W. L.; CHU, C.; CHOU, F.; TSENG, T. Protective effect of Hibiscus anthocyanins against tert-butyl hidroperoxideinduced hepatic toxicity in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 38, p. 411 416, 2000.

WHISTLER, R. L., Industrial Gums–Polysaccharides and Their Derivates, **Academic Press**, p. 295–308, San Diego, 1993

WILLATS, W. G. T.; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 97- 104, 2006.

WILBANK, M.V.; CHALFUN, N.N.J.; ANDERSEN, O.O.; **The jaboticaba in Brazil. Proceedings of the Americans Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.27 A, p.57-69, 1983.

WOSIACKI, G. **Produção de enzimas hidrolíticas por fungos isolados do café**. 33 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Instituto de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1971.

WOSIACKI, G. **Enzimas pectinolíticas de *Fusarium oxysporum* Schlecht Ex. Fr. isolado de frutos de café**, *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1977.

CAPITULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL FUNCIONAL DAS FRAÇÕES CASCA, POLPA E SUCO DE JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora* Berg).

RESUMO

A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg), fruta nativa brasileira pouco conhecida quanto aos teores de composto bioativos, apresenta atividade antioxidante, fazendo parte dos alimentos funcionais, moduladores do sistema fisiológico do organismo humano, de modo a promover a saúde e prevenir doenças. Face ao desconhecimento do perfil de compostos nesse fruto, o artigo busca caracterizar as diferentes frações. O fruto da jabuticabeira variedade Sabará foi fracionado em três partes: a polpa, a casca e o suco *premium* para a análise de suas composições e determinação de alguns compostos bioativos. Provenientes da região de Lagoa Branca e colhidos por técnicos especializados, os frutos foram selecionados, pesados, sanitizados e finalmente separados em casca, polpa e semente. O suco *premium*, extraído por centrifugação da polpa a 3.000g, foi armazenado por congelamento e a casca e a polpa, foram estabilizados por desidratação em estufa adiabática a 55°C até peso constante, e armazenado sob a forma de pó à temperatura ambiente. Os experimentos foram conduzidos em 3 repetições. As frações foram caracterizadas quanto aos aspectos físicos químicos e também quanto à capacidade antioxidante e quantidade de antocianinas e minerais. Os teores de cinzas foram ligeiramente menores do que os encontrados na literatura e os de sólidos totais compatíveis. A acidez total titulável (ATT) foi de 0,94g de ácido cítrico por 100g de polpa e o pH de 3,7 na polpa fresca e suco. Quanto aos compostos funcionais, cada fração do fruto demonstrou teores importantes sendo o consumo destes um fator de contribuição na redução da incidências de algumas patologias. A casca da jabuticaba mostrou expressiva quantidade de antocianinas, no suco, porém, quantidade expressiva de outros fenólicos, o que justifica seu alto poder antioxidante. A polpa merece destaque por sua quantidade de fibras, principalmente solúveis. A jabuticaba é um fruto com alto valor tecnológico, principalmente se tratando do açúcar frutose, as quantidades de antocianinas e seu poder antioxidante.

Palavras chaves: Jabuticaba, polpa, suco, extração, compostos antioxidantes, compostos funcionais.

CHARACTERIZATION PHYSIC-CHEMICAL AND FUNCTIONAL OF THE FRACTIONS OF PEEL, PULP AND JUICE FROM JABOTICABA (*Myrciaria cauliflora* Berg).

ABSTRACT

The jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg), native Brazilian little fruit known about the levels of bioactive compound, presents antioxidant activity, being part of the functional food, modulator of the physiological system of the human body, in order to promote health and avoid diseases. Facing the unknown profile of the compounds in this fruit, the article searches characterize the different fractions. The fruit of jaboticaba tree variety Sabará was fractionated in three parts: the pulp, the peel and the premium juice to analysis of its compounds and determining of some bioactive compounds. From the region Lagoa Branca and harvested by expertise technicians, the fruits were selected, sanitized and finally separated in peel, pulp and seed. The premium juice, extracted from the pulp by centrifugation at 3.000g, was stored frozen and the peel and the pulp, were stabilized by dehydration in an adiabatic greenhouse at 55°C until reach a constant weigh, and stored as powder at the ambience temperature. The experiments were conducted in 3 repetitions. The fractions were characterized according to the physic and chemical aspects and also according to the antioxidant capacity and quantity of anthocyanins and minerals. The levels of ash were slightly lower than the level found in the literature and the solid totally compatible. The total acidity was 0,94g of citric acid per 100g of pulp and the pH of 3,7 in the fresh pulp and juice. Regarding to the functional compounds, each fraction of the fruit showed important content and the consumption of these contents being a contributing factor in the reduction of the incidence of some diseases. The peel of the jaboticaba showed expressive amount of anthocyanins, in the juice, however, the expressive amount of other phenolics, what justify its high antioxidant capacity. The pulp deserve highlight for its quantity of fibers, mainly soluble. The jaboticaba is a fruit with a high technologic content, especially in fructose sugar, the quantity of anthocyanins and its antioxidant capacity.

Keywords: Jaboticaba, pulp, juice, extract, antioxidant compounds, functional compounds.

1 INTRODUÇÃO

Alimentos funcionais são alimentos que apresentam componentes ou substâncias funcionais, promovendo a saúde e prevenir doenças. Esses componentes ou substâncias podem estar presentes naturalmente ou adicionados em produtos alimentícios industrializados (PARK *et al.*, 1997).

A preocupação dos pesquisadores da área de saúde em relacionar doenças crônicas ou agudas com alimentação é muito antiga. Vários estudos evidenciaram uma correlação inversa entre dieta e incidência de doenças e associaram esse efeito a substâncias presentes nos alimentos com atividade antioxidante (FRANKEL *et al.*, 1993)

Evidências epidemiológicas sugerem que as dietas de elevado teor em frutas e vegetais estão relacionadas a uma redução da incidência de doença cardíaca, cancro, e algumas doenças neuro-degenerativas. Espécies reativas de oxigênio (ROS) são produzidas naturalmente em sistemas de mamíferos como resultado do metabolismo oxidativo. No entanto, ROS causam mutações cancerosas, e a oxidação de lipoproteína é um fator importante na promoção de doenças cardíacas. Componentes de alimentos podem promover a prevenção dessas doenças. Os frutos coloridos são potencialmente uma fonte rica de antioxidantes dietéticos fenólicos e desempenham um papel na prevenção de muitas doenças oxidativas e inflamatórias. As antocianinas são pigmentos responsáveis por muitas das cores de frutas e flores e agem como um forte antioxidante e antiinflamatório, sendo muitas vezes responsáveis por grande parte do conteúdo fenólico destes frutos. Porém flavanois, procianidinas, ácidos fenólicos e elagitaninas podem ser predominantes em alguns frutos (REYNERTSON *et al.*, 2008).

Estudos epidemiológicos demonstram que o consumo de frutas e vegetais confere muitos benefícios à saúde, pois tem se demonstrado uma associação positiva entre o consumo destes alimentos e a redução do índice da mortalidade por doenças crônicas (MELLO, 2008). O efeito protetor dos antioxidantes presentes em alimentos de origem vegetal esta relacionado com a presença de flavonóides e de outros compostos fenólicos. O consumo de compostos antioxidantes presentes nos alimentos pode ser um fator importante na redução de incidências de doenças. As propriedades biológicas dos compostos fenólicos estão relacionadas com a atividade antioxidante que cada fenólico exerce sobre determinado meio. A atividade dos antioxidantes, por sua vez, depende de sua estrutura química, podendo atuar como seqüestradores de radicais (SHAHIDI *et al.*, 1995).

A jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg), uma árvore frutífera pertencente à família *Myrtaceae*, nativa do Brasil, podendo ser encontrada em todas as regiões do país. Seus frutos são tipo baga globosa de até 3 cm de diâmetro, com casca avermelhada quase preta, polpa esbranquiçada mucilaginosa, agridoce, podendo apresentar de 1 até 4 sementes. A espécie mais difundida no Brasil é a *Myrciaria cauliflora*, conhecida como jabuticaba Sabará, a mais apreciada e doce das jabuticabas e mais intensamente plantada. A jabuticabeira tem despertado interesse entre os produtores rurais devido à sua produtividade, rusticidade e ao aproveitamento de seus frutos nas mais diversas formas. Considerada apropriada para consumo *in natura* e para a indústria, pouco utilizada nesta devido sua alta perecibilidade pós colheita (BRUNINI, 2004). Na fabricação de geléias dessa fruta, normalmente as cascas e sementes são desprezadas, correspondendo a cerca de 50% da fruta. Um maior aproveitamento dessas frações agregaria mais valor a essa fruta. As cascas ricas em pigmentos, talvez possam ser utilizadas na indústria alimentícia como corante (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

As frutas produzidas por esta espécie (*Myrciaria cauliflora*) apresentam alto teor de carboidratos, fibras, vitaminas, flavonóides e sais minerais como ferro, cálcio e fósforo. Além disso, a investigação da composição centesimal dos frutos nos oferece dados sobre o valor nutricional de frutas pouco estudadas como a jabuticaba. O conhecimento de diferentes frutas pode ser útil para programas de melhoramento genético, a fim de selecionar as que contêm alto valor nutricional ou alto teor de fitoquímicos. Escassos são os estudos na literatura quanto aos constituintes químicos, sobretudo os compostos funcionais e bioativos da jabuticaba, principalmente em relação às frações da fruta, sendo estas em publicações de abrangência local (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

A jabuticaba apresenta compostos com propriedades benéficas à saúde humana (TERCI, 2004), sendo que os frutos possuem fenólicos, flavonóides, antocianinas entre outros compostos, os quais proporcionam benefícios à saúde. As presenças de antocianinas fazem deste fruto uma fonte promissora de compostos antioxidantes (LIMA *et al.*, 2006). Antocianinas são antioxidantes naturais que proporcionam cores atrativas e brilhantes à maioria das plantas, do vermelho vivo ao violeta. Os pigmentos antocianínicos passam por transformações estruturais reversíveis com uma alteração do pH manifestada por diferentes absorbâncias. A forma colorida predomina em pH 1,0 e a forma incolor a pH 4,5. O pH-diferencial deste método é baseado na reação, e permite medições precisas e rápidas do total de antocianinas, mesmo na presença de polímeros degradados interferindo. No processo de extração das antocianinas foram utilizados como matéria-prima o pó do bagaço e da casca de

jabuticaba. Foi utilizada uma solução extratora de metanol e HCl (99:1), apesar da toxicidade o metanol é o solvente mais utilizado para extração de antocianinas (CABRITA *et al.*, 2000) sendo 20% mais eficiente que o etanol, e 73% mais eficiente que a água. Com adição de até 1% (v/v) de ácido mineral, a quantidade de antocianinas extraídas aumenta cerca de 7% na comparação com o mesmo solvente extrator sem o ácido. Esses pigmentos possuem atividade removedora de radicais livres (antioxidante) (BORS *et al.*, 1987), porém ainda são pouco utilizados na indústria de alimentícia devido à sua instabilidade frente às etapas de processamento de alimentos. Este trabalho tem como objetivo caracterizar as frações polpa, casca e suco da jabuticaba quanto a sua composição centesimal, teor de antocianinas, teor de macro e microminerais e sua capacidade antioxidante.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Amostras de 30 kg jabuticaba da variedade Sabará procedentes de um pomar de Lagoa Branca-SP, da safra de 2008.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Fracionamento da fruta

As jabuticabas foram selecionadas por tamanho e qualidade pelos produtores, lavadas, cortadas manualmente, e fracionadas, com ajuda de uma espátula, nas frações semente, casca e polpa. Esta foi centrifugada a 3.000 g para obtenção do suco integral e do bagaço, ainda com apreciável quantidade de açúcares. A seguir, foi feita a lavagem do bagaço e casca em água corrente até possível exaustão dos açúcares, com agitação constante. O material foi desidratado em temperatura abaixo de 55° C até massa constante. O suco *premium* foi imediatamente congelado, a temperatura de aproximadamente -5°C. O bagaço seco e as cascas secas de jabuticaba foram triturados em liquidificador e homogeneizados em moinhos de bolas e tiveram parte separada em diferentes granulometrias, utilizando peneiras. Os resíduos foram denominados de pó de bagaço de jabuticaba e pó de casca de jabuticaba, embalados em frascos hermeticamente fechados e armazenados a temperatura ambiente. Foram determinados cálculos de rendimento para polpa, suco e casca integral de jabuticaba.

2.2.2 ANALISES FÍSICO-QUIMICAS

O teor de umidade foi determinado em estufa a 105°C e o de cinzas em mufla a 505°C até peso constante (IAL, 2005). Os teores de açúcares redutores, e açúcares redutores totais após hidrólise da sacarose, foram determinados pelo método químico colorimétrico que identifica açúcares presentes na amostra, através da aplicação de hidrólise ácida. Pela técnica de Somogyi modificada por Nelson (NELSON, 1944). A glucose foi quantificada pelo método enzimático da glucose oxidase, sendo que a sacarose e a frutose foram calculadas por diferença e todos os carboidratos expressos como monossacarídeos em g/100 g (IAL, 2005). A análise do teor de sólidos totais presentes foi realizada por leitura em refratômetro, expressa

em °Brix (IAL, 2005). Para a determinação da acidez total titulável (ATT) e pH, após a restituição da umidade (no caso dos pós), foram acrescidos 40 mL de água destilada, homogeneização e filtração em tecido (poliéster). Após a determinação do pH em peagâmetro digital, as amostras foram tituladas com NaOH 0,1N usando fenolftaleína como indicador, até as pH 8,1. Os cálculos foram feitos levando-se em consideração o peso de amostra utilizada, o volume de NaOH 0,1N gasto e o número de equivalente grama do ácido cítrico. Os resultados foram expressos em porcentagem (IAL, 2005; LIMA, 2008). Fibras alimentares foram quantificadas utilizando os métodos descritos pela AOAC (2005). Os teores de compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteau, no qual se utiliza padrão de catequina (200 µg) e determinado por leitura da absorbância em espectrofotômetro a 720 nm (TANNER; BRUNNER, 1985).

2.2.3 EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ANTOCIANINAS

Aproximadamente 15 g do pó foram adicionados a 75 mL de solução extratora de metanol e ácido clorídrico (99:1 v/v) e deixados imersos em repouso por 24 horas a 4 °C. Após isso, o sobrenadante foi rotaevaporado a 45°C até massa constante. As leituras de absorbância no espectrofotômetro foram feitas contra água em branco. Foi determinado o fator de diluição adequado por diluição com solução tampão de cloreto de potássio, até que a absorbância da amostra estivesse dentro do intervalo do espectrofotômetro (menor que 1,2). Foram utilizados para ajustes do pH do extrato de jabuticaba as soluções de cloreto de potássio 0,025M tampão com pH 1,0 e acetato de sódio 0,4M, pH 4, 5. Foram preparadas duas diluições das amostras, uma com tampão de cloreto de potássio e outra com tampão de acetato de sódio, deixando 15 minutos para equilibrar estas diluições. Foram medidas as absorções das diluições em 520 e 700nm e realizados os cálculos para concentração de antocianinas monoméricas da amostra original.

$$(A * P_m * \text{diluição} * 1000) / E = \text{quantidade em mg de cianidina-3 glicosideo/L}$$

A= Absorbância do extrato diluído

P= massa molecular da cianidina 562,5 g/mol

E= coeficiente de absortividade molar para uma mistura de antocianinas purificadas do extrato de *cranberries*, em solvente extrator metanol:HCl (FALCÃO, 2003).

2.2.4 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Para determinação da capacidade antioxidante foi utilizada a metodologia de FRAP, descrita por Benzie e Strain (1996) e Pulido, Bravo e Saura-Clixto (2000), modificada por Zardo (2007). O reagente de FRAP foi preparado misturando (a) tampão acetato de sódio 300 mM a pH 3,6; (b) solução de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) 10mM em HCl 40 mM; (c) solução de cloreto férrico 20mM. Para obtenção o reativo FRAP os reativos a, b e c foram misturados na proporção de 10:1: 1 no momento da análise. Como padrão foi utilizado o reativo ácido 6-hidroxi- 2,5,7,8-tetrametilchroman-2-carboxílico (TROLOX). Em um tubo de ensaio foram adicionados 3 mL do reagente FRAP e 100 µL do padrão e a leitura da absorbância foi feita à 593 nm, utilizando o reagente FRAP como branco (P1). As leituras foram monitoradas durante 6 min (P6), a cada 15 s, depois de 5 segundos iniciais para homogeneização e inserção na cuba de leitura. A variação de absorbância entre P6 e P1 foi calculada para cada amostra, sendo traduzida em um valor de FRAP por proporcionalidade com a de uma solução de concentração conhecida – TROLOX – testada em paralelo. O resultado foi expresso como µmol de redução de ferro/poder antioxidante (valor de FRAP).

2.2.5 ANALISE DE MICROMINERAIS E MACROMINERAIS

Foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (GBC Scientific Equipament Ltda, modelo GBC 932AA), após calcinação das farinhas e diluição em 10 mL de HCl (1 N). Foram determinados teor de boro (B), de fósforo (P), de Cromo (Cr), de manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), chumbo (Pb), níquel (Ni) e enxofre (S) em cada fração do fruto. As curvas de calibração para cada mineral, faixas de leitura, diluições e parâmetros de chama foram utilizados segundo recomendação do fabricante (MALAVOLTA, 1994).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERÍSTICAS DAS FARINHAS E DOS SUCOS DE JABUTICABA

A variedade Sabará apresenta frutos menores em relação a outras variedades de jabuticabas, mas nesta safra, excepcionalmente, os frutos da variedade Sabará estavam com maior volume de polpa em relação às cascas.

O fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*), por ser altamente instável tanto química quanto microbiologicamente, foi desidratado. O seu beneficiamento levou à obtenção do pó de bagaço de jabuticaba, pó de casca de jabuticaba e o suco *premium* mostrados na figura 01. O rendimento das jabuticabas frescas ficou em 31% de cascas, 15% de sementes e 50% de polpa, sendo 27% correspondente ao suco *premium*. Os teores de umidade (em g/100g) da polpa, suco e casca, respectivamente foram de 83; 88 e 84; indicando o alto conteúdo de água livre nas frações.

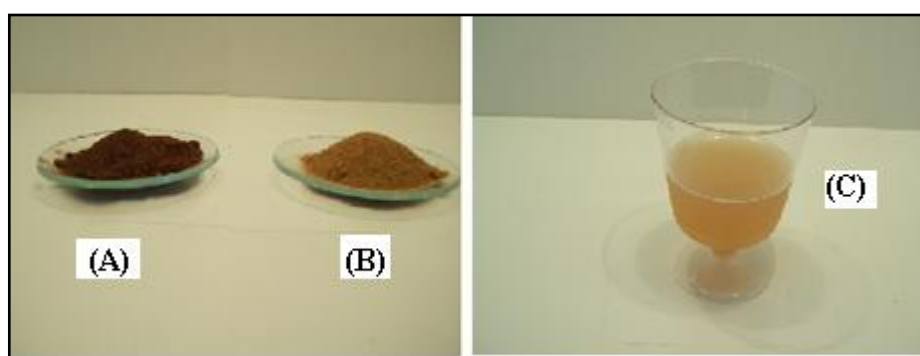


Figura 01: Pó da casca (A) e polpa (B) e suco *premium* (C) respectivamente.

Na Tabela 01 estão apresentados os resultados de análises físico químicas das frações da jabuticaba, que se constituiu na matéria-prima para obtenção das antocianinas. Os teores de açúcares redutores totais (ART) e os açúcares redutores (AR) são mostrados na tabela 01, assim como os de glucose, sacarose e frutose.

Nos resultados da composição de açúcares apresentados na Tabela 1, destacaram-se os teores de glicídeos no pó da polpa, mostrando que a maioria dos açúcares solúveis podem ser encontrados nessas frações. Um destaque também foi a elevada quantidade de frutose encontrada na casca e polpa, o que poderia ser aproveitado tecnologicamente em um novo produto funcional.

Tabela 01- Perfil de açúcares macroconstituintes das frações da jabuticaba.

	ART	AR	Sacarose	Glucose	Frutose
Polpa	27,75	27,50	0,25	9,60	17,90
Suco	8,50	6,42	2,27	0,02	6,40
Casca	28,00	26,82	1,18	6,58	20,24

- dados em g/100g de amostra em base seca.
- ART= açúcar redutor total; AR= açúcar redutor.

As jabuticabas apresentaram 11%, 13% e 14% de sólidos solúveis totais (°Brix) na casca, suco e na polpa respectivamente (Tabela 02). Esses valores são adequados para o consumo da fruta *in natura* e para sua comercialização (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Os sólidos solúveis totais (SST) representam o conteúdo de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e outros constituintes menores. Os resultados de SST são semelhantes aos encontrados por Brunini *et al.* (2004), com variação de 12 a 15,5° Brix e por Pereira *et al.* (2000), que encontraram variação entre 9 e 14°Brix, para polpas de jabuticabas Sabará, ambos na região de São Paulo. Teores acima de 15° Brix podem sugerir uma menor conservação, pois segundo Barros *et al.* (1996), o excesso de açúcares no fruto pode levar a uma rápida deterioração e fermentação e conseqüente redução da vida útil, o que justifica a alta perecibilidade pós-colheita do fruto.

A acidez total titulável foi de 0,94g de ácido cítrico por 100g de polpa e o pH de 3,7, valores próximos aos encontrados por Oliveira *et al.* (2003), para a acidez (0,888 a 1,652 g/100g de fruto) e para o pH (2,91 a 3,72). Os valores de pH apresentaram pequena variação entre as frações.

Os teores médios da acidez total titulável (ATT), pH, sólidos solúveis totais, umidade e cinzas são mostrados na Tabela 02.

Tabela 02- Teores da acidez total titulável (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST), umidade e cinzas das frações de jabuticaba.

	ATT (g/100g)	pH	SST (°Brix)	Umidade (%)	Cinzas (g/100g)
Polpa	0,94	3,7	14	84,0	2,53
Suco <i>Premium</i>	0,90	3,7	13	88,9	n.d
Casca	1,60	3,3	11	83,0	4,44

n.d- não determinado

A jabuticaba apresentou-se como fonte de minerais essenciais. Os teores de macro e micronutrientes minerais encontrados na polpa, casca e suco de jabuticabas são apresentados na tabela 03. Oliveira *et al.* (2003) encontrou no fruto inteiro, variações de 0,1 a 1,06 g de

potássio por 100 g de fruto, o de magnésio de 0,07 a 0,60 g por 100g e o de cálcio de 0,02 a 1,11 g por 100 g. Neste trabalho foram quantificados micronutrientes ainda não descritos neste fruto.

Tabela 03 - Teor de macro e microminerais encontrados nas frações da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

	B	P	Cr	Mn	Cu	S	Fe	Zn
Casca	5,32	60	-	23	33,5	17,0	5	5,5
Polpa	4,80	90	7,5	25	5,0	17,0	-	4,3
Suco <i>Premium</i>	5,20	90	12,0	6	25,0	14,5	-	6,5

Dados em mg/Kg

(-) = não encontrado em quantidades detectáveis.

B = boro; P = fósforo; Cr = cromo; Mn = manganês; Cu = cobre; S= enxofre; Fe= ferro; Zn = zinco

Dentre os minerais estudados, foram encontrados em maiores quantidades no fruto o fósforo e o cobre, que se destaca na casca do fruto. O ferro foi encontrado em quantidades mínimas na casca, sendo apenas traços nas outras frações estudadas. Segundo Oliveira (2003), os minerais podem ser encontrados em proporções diferentes em uma mesma variedade de fruto se este for cultivado em condições diferenciadas como de solo e climas. O boro é um micromineral que vem sendo estudado com resultados satisfatórios na manutenção da densidade mineral óssea (CAMPOS *et al.*, 2005). O fósforo adquire um papel muito importante na formação de ossos e de dentes, intervindo também nas reações químicas em que se liberta energia. O fósforo faz parte integrante dos ácidos nucleicos ARN e ADN, na jabuticaba foi encontrado em quantidades demonstráveis. O cromo foi encontrado em grandes quantidades na polpa e suco e em traço na casca, levando em consideração a ingestão diária recomendada para adultos (0,2 mg/dia) (CAMPOS, 2010), é indicado em estados de hiperglicemia e hipoglicemia. A insulina e o cromo atuam juntos na metabolização da glicose, a principal fonte de energia do organismo. O cobre, encontrado com destaque na casca do fruto, contribui para a absorção do ferro, é essencial para produção dos glóbulos vermelhos do sangue, do pigmento da pele, do tecido conjuntivo e das fibras nervosas, embora não seja comum, a deficiência severa ou clinicamente definida de cobre está associada à anemia e a anormalidades ósseas, incluindo fraturas (CAMPOS, 2010). O manganês participa da composição de enzimas necessárias ao metabolismo e da produção de ossos e tendões, sua ingestão diária recomendada é de 3mg/dia. É usado como suplemento em casos de artrite e de perda óssea. Foram encontrados pequenas quantidades de zinco nas frações do fruto, em relação a ingestão diária que é de 15mg (GIUGLIANI *et al.*, 2000). Não foram encontradas quantidades consideráveis de chumbo e níquel nas frações.

Os compostos bioativos nas frações da jabuticaba são mostrados na Tabela 4. Sendo a casca altamente pigmentada apresentou níveis mais altos de antocianinas, comparada à polpa e suco, no qual a quantidade é tão pequena que pode ser considerada nula. Terci (2004) relata que é preciso considerar que os pigmentos naturais estão presentes apenas na casca da jabuticaba, sendo encontradas em pequenas quantidades na polpa. Em relação às antocianinas, são atribuídos apenas efeitos benéficos foram encontrados nas frações suco e casca de jabuticaba, respectivamente de 33699 e 23455 micromol de redução de ferro/poder antioxidante. Observa-se que a atividade antioxidante do suco é maior que a da casca. Essa elevada atividade antioxidante pode ser atribuída aos fenólicos totais, que se encontram em maior quantidade no suco, sendo que na casca essa atividade antioxidante é referente às antocianinas. O suco *premium* apresentou os teores mais elevados de fenóis totais e capacidade antioxidante (CAP) não sendo encontradas na literatura referencias para comparação de tais compostos nesta fruta. As fibras solúveis são encontradas em altos valores nas frações de jabuticaba, tais compostos têm importantes propriedades geleificantes e tem sido muito indicada para derrubar os níveis de colesterol e eliminar células cancerígenas. Os teores encontrados de fibras na polpa da variedade Sabará (5,55g/100g), é bem maior que os de outros frutos como a uva preta, que apresentou 1,12g/100g e a acerola 1,85g/100g em matéria seca (SALGADO,1999). Esses teores foram inferiores aos apresentados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, quando transformados em frutos frescos.

Tabela 04 – Teores de antocianinas monoméricas, Fenóis totais, Fibras Alimentares e, capacidade antioxidante(CAP).

	Antocianinas**	CAP*	Fenóis totais (mg/L)	Fibras (g/100g)	
				solúvel	Insolúvel
Polpa	1,95	13691	197,00	2,03	3,52
Suco	-	33699	443,00		n.d
Casca	393,00	23455	254,00	6,50	25,73

** dado em mg de cianidina3 glicosídeo/L.

*dados em micromol de redução de ferro/poder antioxidante

n.d.- não determinado

(-)-não encontrado ou em quantidades não detectáveis

4 CONCLUSÃO

O fruto da jabuticabeira da variedade Sabará (*Myrciaria cauliflora*) contém nutrientes essenciais ao organismo humano em sua composição e capacidade antioxidante devido às antocianinas presentes na casca e outros fenólicos no suco, o que lhe atribui com benefícios à saúde. As frações de maior consumo *in natura*, a polpa e o suco *Premium*, contêm quantidades significativas de minerais e açúcares, respectivamente, muito desejáveis em alimentos, além de fibras. Destaca-se também a quantidade de frutose encontrada nas frações do fruto. Portanto, o potencial dos constituintes químicos e funcionais do fruto jabuticaba e de suas frações, poderá contribuir para um melhor aproveitamento do fruto, seja na indústria alimentícia e/ou cosmética, promovendo a sua valorização econômica.

5 REFERENCIAS

BARROS, R. S.; FINGER, F. L.; MANGALHÃES, M. M. Changer in non-structural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jaboticaba*. **Scentia Horticulturae**, Amsterdam, v.66, p.209-215, 1996.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidante power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**. v. 293, n.1, p.70-76, Nova York, 1996.

BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L.; SALANDINI, C. L.; BAZZO, F. R. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jaboticabas (*Myrciaria jaboticaba* Berg) cv ‘SABARÁ’. **Revista Ciências e Tecnologias Alimentos**, v. 24(3), p. 378-383, Campinas, 2004.

CABRITA, L.; FOSSEN, T.; ANDERSEN, O. M. Color and stability of the six common anthocyanidin 3- glycosides in aqueous solutions. **Food Chemistry**, Great Britain, v. 68, p.101-107, 2000.

CAMPOS, S.; Medicina avançada. **Minerais: Doenças causadas por falta ou excesso de cobre**. Disponível em: <http://www.procobre.org/pr/sobre_o_cobre/pu_saude_04.html> acesso em: 01/03/2010

CAMPOS, J. A. D. B.; DEMONTE, A.; NETO, L. C. O.; Intake of mineral borum, prevention and treatment of osteoporosis. **Nutrire: Journal Brazilian Soc. Food Nutricion**, São Paulo, SP, v. 30, p. 97-107, dez. 2005.

DOSSIÊ: FIBRAS ALIMENTARES, **Revista food ingredients Brasil**, n 3, 2008. Disponível em: < <http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf>>, acesso em 2 de junho de 2010.

FALCÃO, L. D. **Estabilidade de antocianinas extraídas de uvas Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) em solução tampão, bebida isotônica e iogurte**. (Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos), Florianópolis/SC, 2003.

FRANKEL, E. N.; KANNER, J.; GERMAN, J. B.; PARKS, E.; KINSELLA, J. E. **Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substance in red wine**. n. 341:p. 454-457, Lancet, 1993.

GIUGLIANI, R. J.; VICTORA, C. G. Alimentação complementar. **Jornal de Pediatria** - v. 76, 2000

LIMA, D. M.; COLUGNATI, F. A. B.; PADOVANI, R. M.; AMAYA, D. B. R.; SALAY, E.; GALEAZZI, M. A. M.; **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**, NEPA-UNICAMP: São Paulo, 2006.

HARBONE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoids researches since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 1998.

MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. **Produquímica**, São Paulo, 1994.

MELLO, E. A.; MACIEL, M. I. S., DE LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193-201, 2008.

NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, v.165, p.375, 1944.

AOAC Official Methods of Analysis of the International. 17th. Ed. Gaithersburg, MD, USA, 2005.

OLIVEIRA, A. L.; Caracterização tecnológica de jabuticabas ‘sabará’ provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 397-400, dez. 2003.

PARK, Y. K.; KOO, M. H.; CARVALHO, P. O. Recentes progressos dos alimentos funcionais. **Boletim SBCTA**, v.2, p 200-6, 1997.

PEREIRA, M. C. T.; SALOMÃO, L. C. C.; MOTA, W. F.; VIEIRA, G.; Atributos físicos e químicos de frutos de oito clones de jabuticabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**. n. 22, p 16-21, 2000.

POURCHET, C. M. A. Fibra e nutrição. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. v.2, 1988.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3396-3402, Easton, 2000.

REYNERTSON, K. A., YANG, H., JIANG, B., BASILE, M. J., KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible *Myrtaceae* fruits. **Food Chemistry**, n. 109, p. 883-890, 2008

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; FILHO, A. B. M.; Polpa de fruta congelada: efeito do processamento sobre o conteúdo da fibra alimentar. **Revista Nutrição**. n 12, 1999.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. M. **Foods phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic, 1995.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. [Consulta em 12/10/2009]. Disponível em http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf.

TANNER, H., BRUNNER, H R. **Getranke Analytik – Untersuchungsmethode fur dia Labor – und Betriebspraxis**. Wadeswill: Verlag Helles, p. 206, 1985.

TERCI, D. B. L. **Aplicações Analíticas e Didáticas de Antocianinas Extraídas de Frutas**. Campinas: Instituto de Química da UNICAMP, 2004 (Tese, Doutorado em Química Analítica).

ZARDO, D. M. **Avaliação do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em maçãs e seus produtos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) –

Curso de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, UEPG, Ponta Grossa, 2007.

CAPÍTULO 03

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS DE FRUTAS DE *Myrciaria cauliflora* (Jabuticaba Sabará)

RESUMO

A jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora*), frutífera da família *Myrtaceae*, nativa brasileira, pode ser encontrada de Norte a Sul do país. O fruto é uma baga de casca lilás a escura e polpa branca, doce e de leve acidez o que justifica seu grande consumo *in natura*. Sua comercialização, todavia, tanto para consumo como fruta de mesa ou quanto para utilização como matéria-prima, encontra-se prejudicada devido à perecibilidade comprometendo a sua disponibilidade no mercado doméstico. A fim de contribuir com a sua utilização como matéria-prima para unidades caseiras ou de pequeno porte este trabalho foi efetuado. O fruto da jabuticabeira variedade Sabará foi fracionado em três partes: a polpa, a casca e o suco *premium* para a análise de suas substâncias pécticas. Provenientes da região de Lagoa Branca-SP haviam sido colhidos por técnicos especializados depois selecionados, pesados, sanitizados e separados em casca, polpa e semente. O suco *premium*, extraído por centrifugação da polpa, foi armazenado por congelamento e a casca e a polpa, foram estabilizados por desidratação em estufa a 55°C até massa constante, e armazenados sob a forma de pó à temperatura ambiente. As substâncias pécticas hidrossolúveis presentes no suco *premium* e as ácidos solúveis da casca e da polpa foram analisadas. Seu grau de metoxilação, determinado por titulometria e por espectroscopia de infravermelho (FT-IR), apresentou que a pectina extraída da casca apresenta maior grau de esterificação. A composição monossacarídica, determinada por análise em cromatografia gasosa (GC), destaca as quantidades de arabinose encontrada na pectina da fruta. A composição macromolecular determinada por cromatografia de exclusão estérica (HPSEC) separou as pectinas da casca como componentes de elevada massa molecular e as do suco e da polpa, em sua maioria, de baixa massa molecular. As pectinas da casca, suco e polpa são compostas por segmentos de homogalacturonanas com alto grau de esterificação (DE 67%, 55% e 53%) e de ramnogalacturonanas com cadeias laterais constituídas de galactose e arabinose. Comparadas com as amostras comerciais de maçã, as pectinas da jabuticaba experimentais apresentaram uma proporção elevada de arabinose na casca, enquanto a galactose no suco apenas em traços, apresentando proporções distintas de monossacarídeos, assim como as amostras comerciais.

Palavras-chaves: Jabuticaba, extração, compostos estruturais, compostos bioativos, substâncias pécticas.

EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF PECTIC SUBSTANCES OF *Myrciaria cauliflora* FRUITS (SABARÁ JABOTICABA)

ABSTRACT

The jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg), native Brazilian fruit little known about the levels of bioactive compound, presents antioxidant activity, being part of the functional food, modulator of the physiological system of the human body, in order to promote health and avoid diseases. The fruit is a berry with a lilac peel and white pulp, sweet and light acidity what justify its high consumption as natural. Its commercialization is hampered due its perishability compromising its availability in the market. Facing the unknown profile of the compounds in this fruit, the article searches to characterize the different fractions. The fruit of jaboticaba tree variety Sabará was fractionated in three parts: the pulp, the peel and the premium juice to analysis of its compounds and determining of some bioactive compounds. From the region Lagoa Branca and harvested by expertise technicians, the fruits were selected, sanitized and finally separated in peel, pulp and seed. The *premium* juice, extracted from the pulp by centrifugation at 3.000g, was stored frozen and the peel and the pulp, were stabilized by dehydration in an adiabatic greenhouse at 55°C until reach a constant weight, and stored as powder at the ambient temperature. The experiments were conducted in 3 repetitions. The pectic substances hydrosoluble in the premium juice and the acid soluble in the peel and the pulp of the fruit were analyzed. Its level of methoxyl, determined by titration and infra-red spectroscopy (FT-IR) showed that the pectin extracted from the peel shows higher level of esterification. The monosaccharide composition, determined by analyses in gas chromatography (GC), highlights the quantities of arabinose found in the pectin of the fruit. The macromolecular composition determined by chromatography of steric exclusion (HPSEC) separated the pectins from the peel as compounds of elevated molecular mass and the juice and pulp, in mostly, low molecular mass. The pectins from the peel, juice and pulp, are compound by segments of homogalacturonans with high level of esterification (DE77%, 68% and 59%) and rhamnogalacturonans with side chains constituted of galactose and arabinose. Compared with commercial samples of apple, the pectins of jaboticaba experimental presented a elevated proportion of arabinose in the peel, while the galactose in the juice just in trace amounts, showing distinct proportions of monosaccharide, like the commercial samples.

Keywords: Jaboticaba, extraction, structural composites, bioactive compounds, pectins.

1. INTRODUÇÃO

A jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg.), frutífera pertencente à família *Myrtaceae*, nativa no Brasil, pode ser encontrada desde o estado do Pará até o do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma das árvores frutíferas que tem despertado interesse entre os produtores rurais devido à sua produtividade, à rusticidade e ao aproveitamento de seus frutos nas mais diversas formas.

O fruto, do tipo baga, arredondado, de coloração lilás-escura, contém entre uma a quatro sementes, sendo a casca, fina e frágil e a polpa, de cor branca, translúcida, doce com leve acidez (CHIARELLI, 2005). Com um bom potencial de comercialização em função de suas características organolépticas, pode ser utilizado na fabricação de licores e geléias e também como fruta de mesa (BRUNINI et al., 2004). Segundo Souza (1992), Terzi (2004), a jabuticaba apresenta grande importância nutricional e funcional, pelo fato de exibir concentração relativamente alta de minerais, de sua casca plena de antocianinas com poder antioxidante, e consideráveis quantidades de fibras na polpa. Apesar disto tem seu comércio limitado devido à sua perecibilidade, que compromete a qualidade de uma grande quantidade do produto agrícola (BRUNINI et al., 2004).

Embora com tendência a modificação, a classificação das fibras alimentares ainda contempla a fração insolúvel que contém celuloses, algumas hemiceluloses e as ligninas, e a fração solúvel por pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses (POURCHET, 1988). As fibras solúveis, encontradas nas frações de jabuticabas, apresentam importantes propriedades geleificantes, indicadas para redução dos níveis de colesterol sérico e com efeitos anticancerígenos. Dentre estas, pode ser destacada a pectina, encontrada em frutas em teores variáveis, com característica inerente a cada tipo (CANTERI, 2010), amplamente empregada em doces, bebidas e molhos, como agente geleificante, estabilizante e espessante. Herbstreith e Fox (2008), relatam, com referência a vários autores que, na área de saúde, são conhecidos os efeitos da pectina sobre diversas patologias, como no metabolismo do colesterol, lipoproteínas e ácidos biliares, diminuindo os índices de aterosclerose e os níveis de glicose sanguíneos, promovendo a complexação de metais pesados e seus isótopos, atuando na redução de peso, minimizando doenças gástricas, facilitando a coagulação e cicatrização, mostrando atividades anti-ulcerosa, anti-nefrite e anti-nefrose, e hipoglicemiante. Liga-se, também, com substâncias irritantes, permitindo o crescimento de bactéria benéfica e impedindo patogenias diarreicas.

O objetivo desse capítulo foi determinar o rendimento de substâncias pécnicas das frações polpa, casca e suco, de jabuticaba Sabará, bem como avaliar suas características físico-químicas (titulometria), espectrofotométricas (FTIR), de massa molecular (HPSEC) e de composição em açúcares neutros (GC-MS), com a finalidade de assegurar o uso em preparações dietéticas, produtos industrializados e formulações de novos produtos, promovendo um maior aproveitamento desta fruta, a partir da agregação de valor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

2.1.1 Amostras

Amostras de 30 kg de jabuticaba da variedade Sabará, procedentes de um pomar comercial, situado em Lagoa Branca SP durante a safra de 2008. Produtos químicos de qualidade PA.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Processos

A) Obtenção e processamento da farinha da polpa, farinha da casca e do suco.

As jabuticabas, depois de selecionadas por técnicos especializados por tamanho e qualidade, foram lavadas, cortadas manualmente e separadas, com ajuda de uma espátula, nas frações semente, casca e polpa. Esta foi centrifugada para obtenção do suco integral e o bagaço, ainda com apreciável quantidade de açúcares. Com a lavagem do bagaço e da casca em água corrente com agitação constante, até esgotamento dos sólidos solúveis (0° Brix), obteve-se a água de rinsagem. A casca e a polpa centrifugada foram desidratadas separadamente sob as mesmas condições de temperatura, abaixo de 55 °C, até massa constante. O suco integral foi imediatamente congelado a -5 °C. O bagaço seco e as cascas secas de jabuticaba foram triturados em moinho de facas, homogeneizados em moinhos de bolas e as frações tamisadas (60 MESH) foram armazenadas.

Os produtos foram denominados casca em pó, polpa em pó e suco *premium* e foram armazenados a temperatura ambiente (25 °C, em pacotes plásticos) e em *freezer* (-5 °C em, garrafas PET), respectivamente. O rendimento para casca, polpa e suco foi determinado.

B) Extração e separação de pectinas de casca e de bagaço.

A extração e o isolamento das pectinas dessa dissertação foram conduzidos a partir de estudos prévios com pequenas modificações (FERTONANI, *et al.*, 2009). Como matérias primas para o processo de extração ácida da pectina foram utilizados a casca em pó, o bagaço em pó e o suco integral. Aproximadamente cinco gramas de cada pó foram suspensos em cerca de 100 mL de água, ficando em maceração com agitação por 10 minutos sob aquecimento até 80 °C.

Foi adicionado 100 mL de solução de ácido nítrico 0,1M na mesma temperatura. A suspensão foi mantida à temperatura de ebulição sob refluxo, durante 20 minutos. O sistema foi então resfriado em água corrente, seguida de imersão em banho de gelo. A suspensão obtida foi filtrada em tecido sintético (poliéster) e armazenada a 4 °C entre 12 e 24 horas, sendo então denominada de extrato ácido, fonte de pectina. Como principal resíduo, foi gerado o pó exaurido de pectina.

No suco, foi isolada apenas a pectina solúvel, não sendo necessário a hidrólise ácida, processo acima descrito.

C) Isolamento da pectina do filtrado e do suco integral

A separação das substâncias pécticas foi feita por adição do extrato ácido sobre 2 volumes de etanol comercial, com graduação entre 80 e 96 °GL, em agitador de líquidos até formação da malha de gel. Após essa precipitação, o sistema foi deixado em repouso, por cerca de 4 horas, para que as substâncias pécticas formassem uma estrutura coloidal na superfície, por flotação. A pectina foi coletada com uma peneira e separada por prensagem manual em tecido sintético (poliéster) e acondicionada em pequenos sacos do mesmo tecido, mergulhados em etanol e depois em acetona por cerca de 30 minutos, para eliminação do excesso de ácido. Depois de prensada manualmente, permaneceu em estufa de circulação a ar para evaporação do solvente, a 40°C por cerca de 12 horas até estado quebradiço e foi levada para dessecador. O rendimento foi calculado levando-se em consideração a razão entre a quantidade de substâncias pécticas obtidas e a quantidade utilizada de matéria-prima, em base seca. Posteriormente, a pectina seca foi moída manualmente com pistão(pilão) gerando a pectina da polpa, suco e casca de jabuticaba.

2.2.2 Análises

A) Análise titulométrica

As amostras das pectinas foram qualificadas por titulometria. Quantidade de amostra conhecida, aproximadamente 250 mg, foram solubilizadas em 50mL de água deionizada sob

agitação constante a 40 °C até completa dissolução (overnight). As carboxilas livres dos ácidos anidrogallacturônicos foram neutralizadas com NaOH 0,05N e as carboxilas esterificadas igualmente, após saponificação (10mL de NaOH 0,5N), durante 30 minutos a temperatura ambiente e neutralização com 10mL HCl 0,5N), obtendo-se assim os valores de mEq de NaOH referentes aos dois tipos, livres e esterificados, respectivamente mEq e mEq'.a partir das seguintes equações.

$$Z = \text{massa} / \text{mEq totais}$$

$$\text{AUA} = 17600 / Z$$

$$\text{MeO} = (\text{mEq}'' \times 31 \times 100) / \text{massa}$$

$$\text{DE} = (176/31) \times (\text{MeO}/\text{AUA}) = \text{mEq}'' / (\text{mEq}' + \text{mEq}'')$$

$$\text{Pectina} = \text{AUA}\% + \text{MeO}\%$$

$$\text{Fração neutra} = 100 - \text{pectina}$$

Z = quantidade de massa por mili-equivalente-grama;

mEq = mili-equivalente-grama;

AUA = teor de resíduos de ácido anidrogallacturônico;

MeO = teor de metoxilas;

DE = grau de esterificação (FERTONANI, 2006; MUNHOZ *et al.*, 2010)

B) espectroscopia de infravermelho (FT-IR)

Para análises de espectroscopia de infravermelho foram feitas pastilhas contendo 100 mg de KBr com 1 a 2 mg de amostras desidratadas de pectinas das frações que foram prensadas e analisadas em espectrofotômetro Nicolet 4700 FTIR com 2 cm⁻¹ de resolução, 60 scans, e os espectrogramas foram registrados na faixa de 4000 a 400 cm⁻¹. O cálculo do grau de esterificação de cada amostra foi feito considerando a razão entre a área relativa a banda 1740 cm⁻¹ (grupos carboxílicos esterificados) e as áreas relativas as bandas 1740 cm⁻¹ e 1620 cm⁻¹ (esterificados e livres, respectivamente). Utilizou-se brometo de potássio (KBr) de grau espectroscópico como branco para correção da absorção do CO₂ e H₂O (MARCON *et al.*, 2005).

Padrões de pectinas com grau de esterificação de 22 e 89% foram adquiridos da SIGMA (Alemanha).

C) Cromatografia de exclusão estérica (HPSEC- MALLS)

O perfil de massas moleculares das frações foi determinado por cromatografia de exclusão estérica. As amostras na concentração de 3mg.mL^{-1} foram solubilizadas em água e filtradas sob pressão através de filtros com tamanho do poro de $0,2\text{ }\mu\text{m}$. A seguir foram injetadas em cromatógrafo de exclusão estérica modelo 150C ALC/GPC Waters, com detector de índice de refração diferencial modelo Waters 2410, e detector de espalhamento laser em multiângulos (FERTONANI, 2006).

D) Cromatografia Gasosa (CG)

A identificação e determinação dos teores relativos de açúcares neutros das amostras de pectina foram feitas após derivatização de alditóis, por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa. As pectinas foram hidrolisadas com ácido trifluoroacético 1M durante 8 horas a 100°C e o hidrolisado foi evaporado em capela ligada por aproximadamente 24 horas. Os açúcares livres foram reduzidos com NaBH_4 , após os cátions Na^+ foram retirados com resina na forma ácida. A seguir, o filtrado reduzido foi seco em rota-evaporador e lavado com metanol para a eliminação do boro na forma de borato de trimetila. Após isso, as amostras foram acetiladas com anidrido acético e piridina 1:1 (v:v) levando à obtenção dos acetatos alditóis, extraídos com clorofórmio e lavados com solução de sulfato de cobre 5% até remoção da piridina. As amostras contendo os acetatos de alditóis resultantes foram analisadas por cromatografia gás-líquido em equipamento modelo HP 5890 SII, com detector de ionização de chama e nitrogênio como gás de arraste, com fluxo de 2mL , a 220°C . Foi utilizada uma coluna capilar ($0,25\text{m d.i.} \times 30\text{m}$), modelo DB-210, com espessura de $0,25\text{mm}$ (FERTONANI, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 podem ser observadas as pectinas extraídas da casca, polpa e suco respectivamente. Observa-se que a pectina extraída da casca do fruto apresenta coloração roxa, devido às antocianinas (compostos fenólicos) extraídas e precipitadas juntamente com as substâncias pécticas.

Respectivamente, foram obtidos rendimentos gravimétricos de 4,5%, 2,0% e 6,0%, indicando que essa fibra solúvel é encontrada em maior quantidade no suco *premium*.

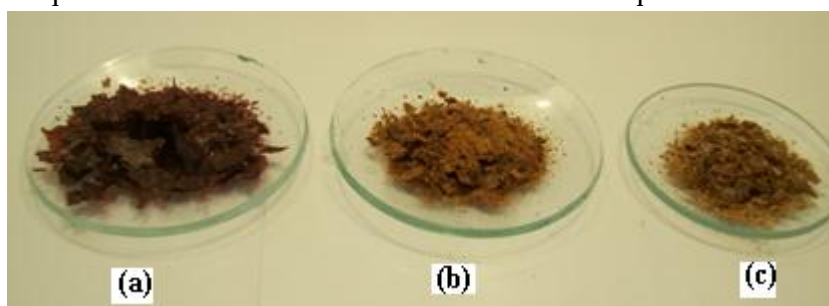


Figura 01: - Pectinas obtidas a partir da casca (a), da polpa (b) e do suco *premium* (c) respectivamente

As características titulométricas, espectroscópicas e cromatográficas das amostras de pectinas obtidas experimentalmente foram comparadas com as amostras de pectinas comerciais de alto e baixo grau de esterificação. Pelo método titulométrico foram determinadas características de qualidade que compreendem os teores de ácidos anidrogacturônicos (AUA) e de metoxilas (MeO), cuja soma representa o percentual de ácido poligacturônico (fração ácida), sendo o percentual restante equivalente aos açúcares neutros (Tabela 1).

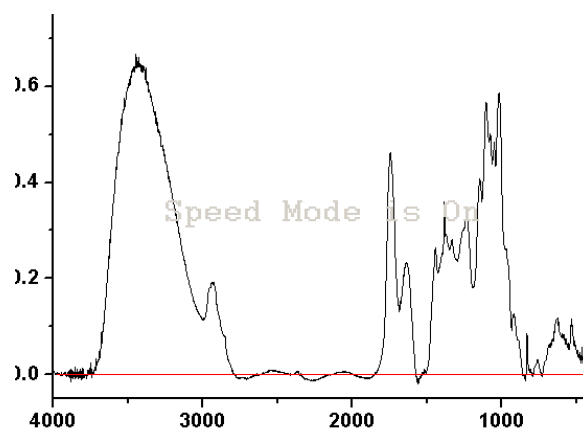
Tabela 01- Características titulométricas das pectinas experimentais de jaboticaba e comerciais de maçã.

Amostra	AUA	MeO	Fração ácida	Fração neutra	DE
Casca	69,0	11,0	80,0	20,0	77,2
Polpa	65,0	7,5	72,5	27,5	55,3
Suco	59,0	8,4	67,4	32,6	68,5
HM	76,0	12,0	88,0	12,0	86,6
LM	71,0	5,9	76,9	23,1	46,2

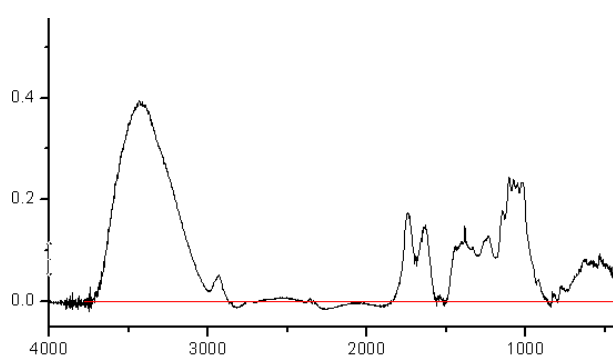
HM: pectina de alta esterificação. LM: pectina de baixa esterificação
AUA: quantidade de ácidos gacturônicos. MeO: quantidade de metoxilas. DE: grau de metoxilação

Pode-se observar semelhança entre as amostras experimentais e a amostra de baixa esterificação comercial em termos de ácidos galacturônicos com valores médios de 69, 65 e 59% para casca, polpa e suco respectivamente, bem diferenciados dos 76% da pectina HM. Entretanto, esta informação não é suficiente para que os polissacarídeos sejam classificados quanto ao grau de metoxilação, visto que podem apresentar grandes quantidades de ácidos poligalacturônicos com quantidades variadas de grupos metoxilados. Com relação ao teor de metoxilas, o resultado das amostras de pectina de jabuticaba está mais próximo à pectina de alta esterificação. Portanto, em termos de teores de ácidos poligalacturônicos e metoxilas, as amostras experimentais de pectina se assemelham mais a HM, porém com grau de metoxilação variando, o que influencia a geleificação. A pectina extraída da casca apresentou maior DE, o que justifica ser mais utilizada na fabricação de geléias artesanais, pois esse processo, além do açúcar e ácido para formação do gel necessita também de pectina. A determinação do grau de esterificação leva a conclusão de que as amostras experimentais extraídas da casca (77,21%), suco (68,57 %) e polpa (55,35%) podem ser classificadas como de alto grau de esterificação.

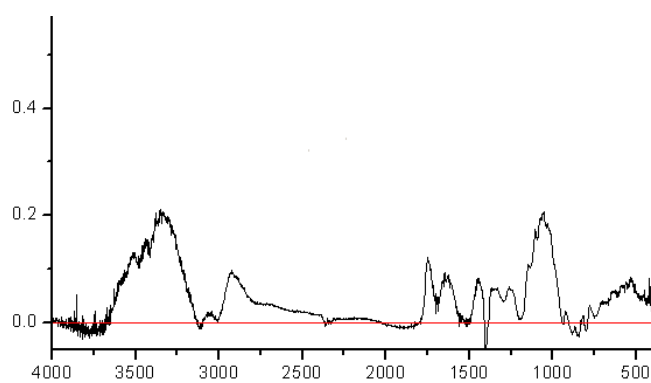
As pectinas foram analisadas quanto ao grau de esterificação, também através da espectroscopia de infravermelho, que permite identificar grupos funcionais em diferentes regiões do espectro. A região de importância para identificação de grupos funcionais do ácido galacturônico encontra-se entre 1000 a 2000 cm^{-1} , uma vez que as carboxilas livres absorvem em aproximadamente 1630 cm^{-1} e as esterificadas em 1750 cm^{-1} . Os picos entre 3000 e 2800 estão relacionados às ligações C-H e CH_3 dos grupamentos metil éster (MONSOOR *et al.*, 2005). A região mais importante para a determinação do grau de esterificação das pectinas é aquela relacionada diretamente aos grupos carboxílicos, apesar da influência das demais. Na Figura 02 (A, B, C) estão apresentados os espectros de infravermelho em absorbância, das pectinas isoladas das frações. As médias dos valores do grau de esterificação encontrados foi de 67%, 55% e 53% para as pectinas extraídas da casca, do suco e da polpa respectivamente, coerente com o valor convencional de pectinas de alto teor de esterificação (HM) comerciais, também analisada. Os valores médios encontrados foram relativamente menores que os encontrados por titulometria apresentados na tabela 01.



(A)



(B)



(C)

Figura 02 – Caracterizações espectroscópicas em FT-IR das substâncias pécticas extraídas das frações do fruto jaboticaba. (a) pectina experimental da casca; (b) pectina experimental da polpa; (c) pectina experimental do suco.

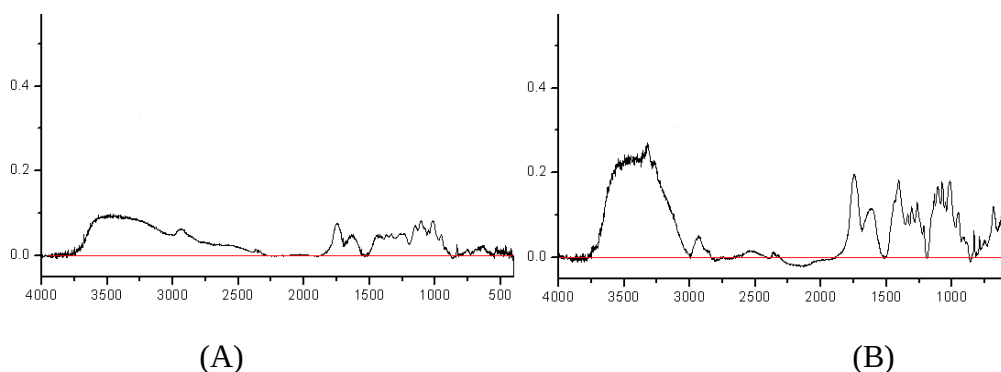


Figura 03 - Caracterizações espectroscópicas em FT-IR das substâncias pécticas de amostras comerciais de pectina. (a) pectina comercial de baixa esterificação; (b) pectina comercial de alta esterificação; Os espectros de absorvância por FT-IR das amostras comerciais são apresentados na figura 03 para comparação.

As amostras experimentais da casca, suco e polpa demonstraram maior semelhança com a amostra comercial de alta esterificação (HMP), tanto no perfil espectroscópico quanto ao grau de esterificação calculado pela razão das áreas dos picos relativos aos grupamentos carboxílicos esterificados e pela área total dos picos relativos aos grupamentos carboxílicos totais.

Técnicas cromatográficas.

Através das técnicas cromatográficas foram qualificadas as amostras de pectina quanto a sua dispersão em tamanho molecular com permeação em gel, tendo sido detectados por espalhamento de luz em multiângulos (LS) e pelo índice de refração (IR). Também foram caracterizadas as pectinas por cromatografia gasosa com relação aos seus conteúdos em açúcares neutros, reduzindo-os a alditóis e confirmando sua estrutura por espectroscopia de massa.

Cromatografia de exclusão estérica (HPSEC- MALLS- RI).

Nas figura 4, 5 e 6 são mostrados os resultados da cromatografia em HPSEC- MALLS- RI das três amostras experimentais de pectina de jabuticaba em termos e tempos de retenção considerando o detector de espalhamento de luz (LS-90°) e índice de refração.

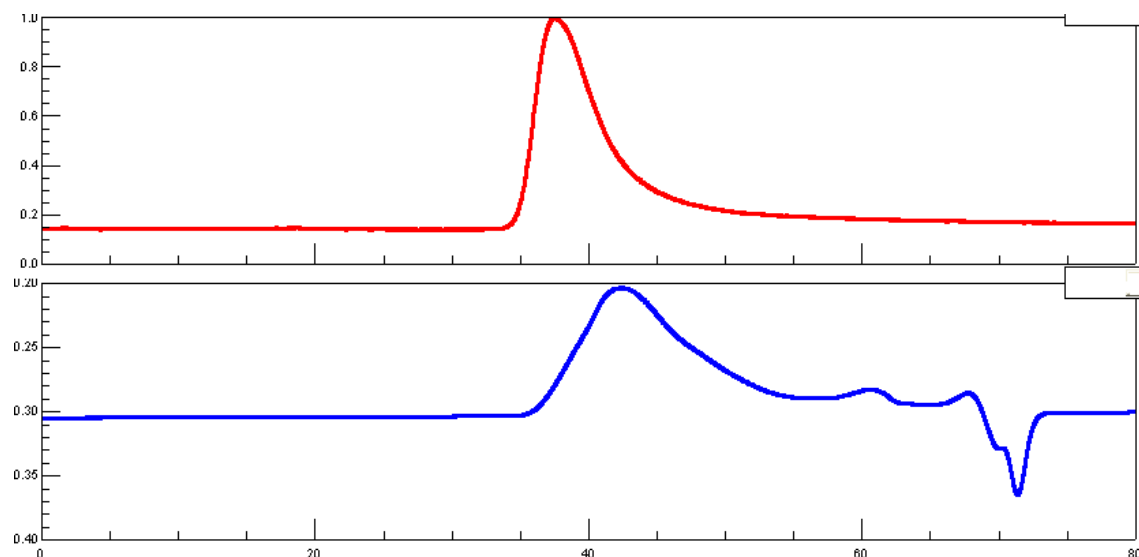


Figura 4 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS- RI da pectina da casca.

Na Figura 4 está indicado o perfil de eluição da fração casca obtido por HPSEC (detector de índice de refração - RI e espalhamento de luz a 90° - MALLS). O índice de refração (azul) fornece um sinal proporcional à concentração, enquanto que a resposta do espalhamento de luz (vermelho) depende principalmente da massa molecular. A fração casca mostra um perfil heterogêneo, provavelmente oriundo de uma mistura de polissacarídeos pécnicos e amido. Observa-se a presença de um pico eluindo em torno de 34 minutos, detectado com muita intensidade pelo espalhamento de luz, que coincide com uma alta intensidade no índice de refração, indicando que se trata de um componente de elevada massa molecular presente em elevada concentração, provavelmente oligômeros de pectina ou pectina parcialmente hidrolisada.

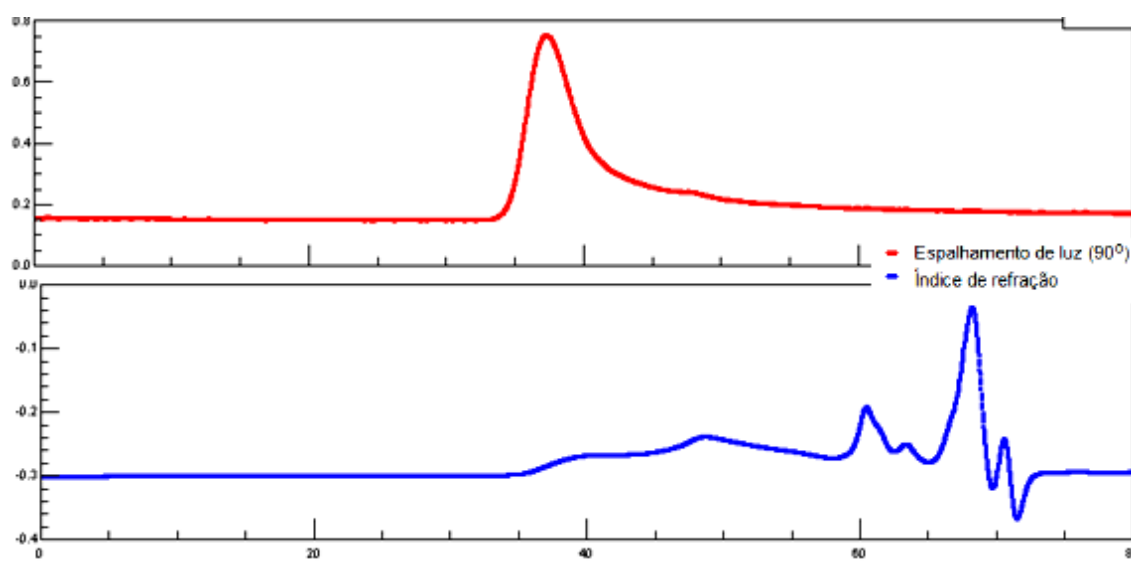


Figura 5 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS- RI da pectina da polpa.

Nas figuras 5 e 6, é observada a presença de um pico também em torno de 34 minutos detectado pelo espelhamento de luz, porém este coincide com uma baixa intensidade do índice de refração, indicando que se trata de um componente de alta massa molecular presente em baixa concentração. Este pico poderia ser devido à presença do amido ou ainda resultado de agregação molecular. Um pico evidente no detector de índice de refração aparece em torno de 60 minutos. Este coincide com uma mínima intensidade no espalhamento de luz, indicando a presença de um polímero com massa molecular menor, em elevada concentração, provavelmente a pectina.

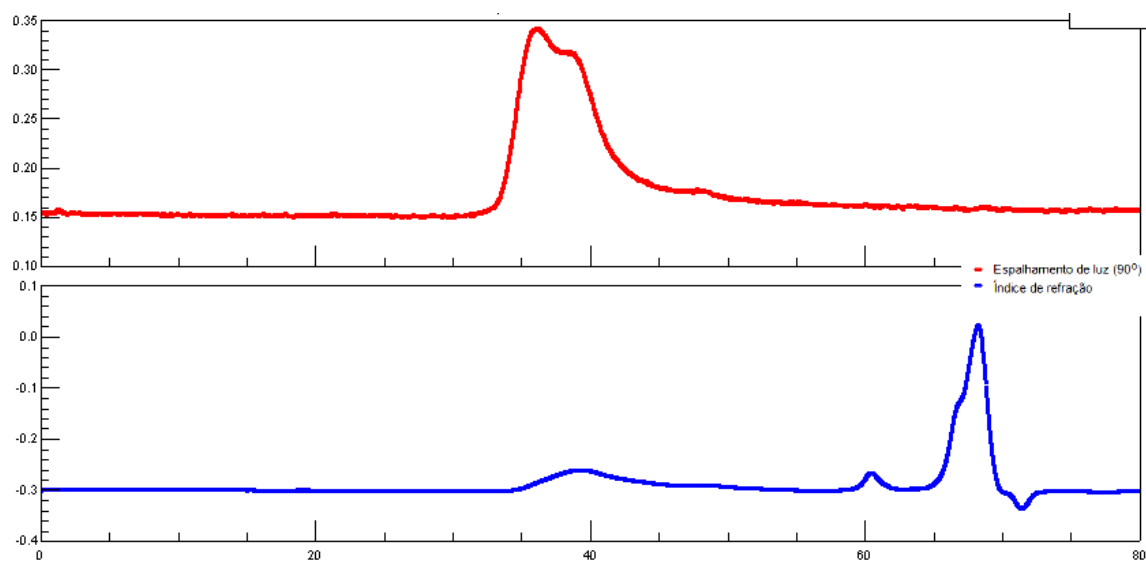
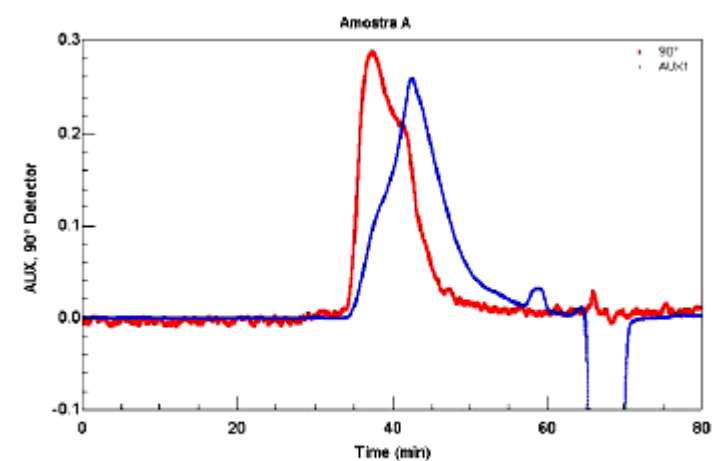
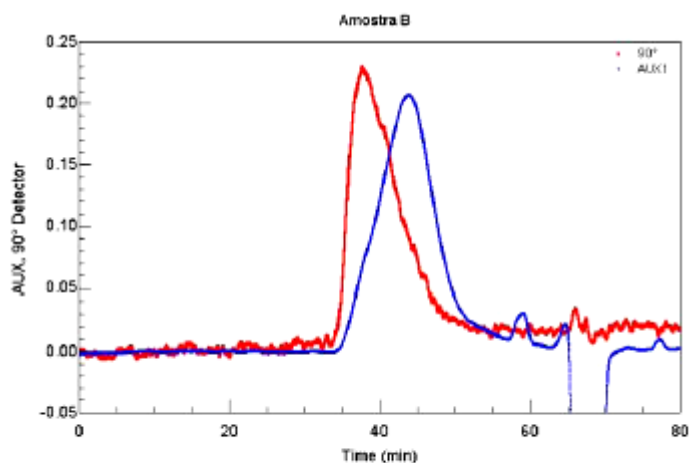


Figura 6 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS- RI da pectina do suco.



(A)



(B)

Figura 7 - Perfil de eluição por HPSEC-MALLS- RI das amostras comerciais de alta metoxilação(A) e de baixa metoxilação(B).

Relacionando as amostras comerciais com as experimentais extraídas da jabuticaba pode-se observar que as amostras comerciais tem um perfil de eluição bem diferenciado, estas são formadas por compostos de alta massa molecular em sua maioria que se assemelha apenas com o perfil molecular da pectina extraída da fração casca, já as pectinas extraídas das frações polpa e suco são compostas em sua maioria de compostos de baixa massa molecular, mostrando que a pectina extraída de diferentes frutos tem características peculiares.

Pinheiro (2007), Santos (2006), Marcon (2004) também obtiveram frações heterogêneas para pectinas da casca do maracujá amarelo, da polpa do araçá, do bagaço da maçã e da polpa da manga, respectivamente, demonstrando que dificilmente se obtém uma pectina pura a partir de materiais vegetais. Assim, a determinação da massa molecular exata de uma pectina é uma tarefa extremamente difícil, devido à natureza heterogênea desses polissacarídeos, que apresentam regiões lineares e cadeias laterais ramificadas, variações inter e intramolecular, além de diferentes padrões de distribuição dos grupos metil-éster ao longo da cadeia poligalacturônica (KIM *et al.*, 2005).

Composição em monossacarídeos.

Na Tabela 02 são apresentados os teores relativos de açúcares neutros presentes nas frações experimentais e comerciais de pectina como fração agregada a estrutura do polissacarídeo ácido.

Tabela 02 - Proporção relativa de açúcares neutros identificados nas amostras de pectina de jabuticaba e comerciais de maçã.

<i>Amostra</i>	<i>Rha%</i>	<i>Fuc%</i>	<i>Ara%</i>	<i>Xyl%</i>	<i>Man%</i>	<i>Gal%</i>	<i>Glc%</i>
Casca	1,13	1,59	63,01	0,91	12,03	4,41	16,93
Polpa	1,43	2,83	22,49	2,56	26,15	1,58	42,92
Suco	1,96	1,75	20,76	1,43	28,03	-	44,30
HM	2,16	-	19,58	7,55	1,31	49,70	19,70
LM	3,65	-	4,34	12,40	2,87	56,23	20,47

HM: pectina de alta esterificação, LM: pectina de baixa esterificação. / (-) quantidades não detectáveis.
Rha: Raminose; Fuc: fucose; Ara: Arabisone; Xyl: xilose; Man: manose; Gal: Galactose; Glc: Glucose.

As proporções dos componentes monossacarídicos neutros em pectina são variáveis em dependência de diversos fatores que vão desde a qualidade da fonte, assim como do processo e suas características. Dentre todos os açúcares analisados, a arabinose da casca foi a que se apresentou com maior intensidade (60%) enquanto a galactose do suco se apresentou apenas como traços. A ramnose apresentou-se homogênea nas três frações com valores baixos, da ordem de 1,5% enquanto que a arabinose, tanto na polpa, quanto no suco, apresentou valores coerentes com o padrão HM e a galactose, inferiores ao padrão (FERTONANI, 2006). A fucose, um açúcar considerado raro em pectinas, apresentou conteúdo próximo ao da ramnose, enquanto que a xilose foi encontrada em baixos teores nas três frações. A manose apresenta valores intermediários porém superiores aos padrões, estando em maior quantidade no suco e na polpa do que na casca, assim como a glucose, com valores duas vezes maiores. A comparação dos açúcares das amostras experimentais com os das comerciais contribui com a percepção da grande diversidade existente relacionada com diversos fatores diferentes (FERTONANI, 2006).

Na tabela 03 são apresentados os resultados combinados do método titulométrico, que fornece as proporções da fração ácida, com os do cromatográfico, que possibilita estabelecer as proporções de cada um dos açúcares neutros. Nesta tabela constam os valores relativos às metoxilas apenas para completar os valores em 100%.

Tabela 03 - Proporção percentual relativa de açúcares neutros e ácidos identificados nas pectinas das frações da jabuticaba

Fração	Cadeia Principal								
	AUA	MeO	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
Casca	69	11	0,23	0,32	12,6	0,2	2,4	0,88	3,4
Polpa	65	7,5	0,39	0,78	6,2	0,7	7,1	0,44	11,8
Suco	59	8,4	0,63	0,56	6,6	0,46	9	-	14
HM	76	12	0,23	-	2,3	0,9	0,16	6	2,4
LM	71	5,9	0,84	-	0,99	2,85	0,66	13	4,7

HM: pectina de alta esterificação, LM: pectina de baixa esterificação.

AUA: quantidade de ácidos galacturônicos. MeO: quantidade de metoxilas. DE: grau de metoxilação

Rha: Raminose; Fuc: fucose; Ara: Arabisone; Xyl: xilose; Man: manose; Gal: Galactose; Glc: Glucose.

Os teores de ácidos galacturônicos e metoxilas caracterizam as amostras experimentais extraídas da casca, polpa e suco como de alto grau de esterificação. A relação entre ácidos galacturônicos e ramnose indica quantas moléculas do ácido fazem parte da cadeia por unidade de ramnose. Os valores encontrados para as pectinas da casca, polpa e suco respectivamente foram 300:1, 166:1, e 93:1. Para as pectinas comerciais encontramos os valores de 330:1 e 84:1 para pectina de alto e baixo grau de esterificação respectivamente, o que significa que existem 1 resíduo de ramnose a cada 330 resíduos de ácido galacturônico na pectina de alta esterificação por exemplo. O cálculo da razão da ramnose para ácidos galacturônicos, sugere que as pectinas extraídas das frações da jabuticaba poderiam consistir principalmente de regiões lisas (*smooth region*) ricas em ácido poligalacturônico, tipicamente encontradas em pectinas da lamela média (McCANN *et al.*, 1991).

4 CONCLUSÃO

As frações pécticas, denominadas pectina da casca, polpa e suco de jabuticaba são ácidos solúveis. As pectinas da casca, suco e polpa são compostas principalmente por segmentos de homogalacturonanas com alto grau de esterificação (DE 67%, 55% e 53%) e de ramnogalacturonanas com cadeias laterais constituídas principalmente por manose e arabinose, com destaque para a fucose, normalmente não encontrada das pectinas de outros frutos. As amostras experimentais apresentaram proporções distintas de monossacarídeos assim como as amostras comerciais.

5 REFERÊNCIAS

- BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L. D.; SALANDINI, C. A. R.; BAZZO, F. R. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jabuticabas (*Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg) cv 'SABARÁ'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p.378-383. 2004.
- CANTERI, M. H. G. **Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*)**. Tese doutorado em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.
- CHIARELLI, R. H. C.; NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI FILHO, W.G. Fermentados de Jabuticaba (*Myrciaria Cauliflora* Berg): Processos de Produção, Características Físico-químicas e Rendimento. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, n.4, p. 277-282, 2005
- FERTONANI, H. C. R.; SCABIO, A; CANTERI, M. H.; CARNEIRO, E; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; Influência da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 599-612, out./dez. 2006
- KIM, Y.; TENG, Q.; WICKER, L. Action pattern of *Valencia orange* PME deesterification of high methoxyl pectin and characterization of modified pectin. **Carbohydrate Research**, v. 340, p. 2620-2629, 2005.
- MARCON, M. V.; PETKOWICZ, L. C.; WOSIACKI, G.; BELESKI, E. C. Pectins from apple pomace. Polímeros. **Ciência e Tecnologia de alimentos**. São Carlos, v. 15, n 2, p127-129, 2005.
- McCANN, M. C.; ROBERTS, A. Architecture of the primary cell wall. In: LLOYD, C. W. **The Cytoskeletal Basis of Plant Growth and Form**. San Diego: Academic Press, p. 109-129, 1991.
- MONSOOR, M. A. Effect of drying methods on the functional properties of soy hull pectin. **Carbohydrate Polymers**, v. 61, n. 3, p. 362-367, ago. 2005.
- MUNHOZ, C. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SOARES-JÚNIOR, M. S. Extração de pectina de goiaba desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010.
- PINHEIRO, E. R. Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. *Revista science direct*, 2008.
- POURCHET, C. M. A.; Fibra e nutrição. **Ciências Tecnologia de Alimentos**. v. 22, 1988.
- SANTOS, M. S. **Caracterização físico-química e aproveitamento tecnológico do araçá vermelho (*Psidium cattleianum* S.)**. 173f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.
- SOUZA, R. B. **Acumulo e distribuição de Minerais no fruto de Jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg cv. Sabará) em Desenvolvimento**. UFV, Viçosa, 1992.
- TERCI, D. B. L. **Aplicações Analíticas e Didáticas de Antocianinas Extraídas de Frutas**. Campinas: Instituto de Química da UNICAMP, 2004 (Tese, Doutorado em Química Analítica).