



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**ALINE OZANA DE SOUZA**

**PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE NO EPICARPO DO CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*)  
EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO**

BELÉM

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

---

Souza, Aline Ozana de, 1995-  
Principais compostos bioativos e capacidade  
antioxidante no epicarpo do camu-camu  
(myrciaria dubia) em função da maturação /  
Aline Ozana de Souza. - 2014.

Orientadora: Alessandra Santos Lopes;  
Coorientadora: Rafaella de Andrade  
Mattietto.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos, Belém, 2014.

1. Engenharia bioquímica. 2. Compostos  
bioativos. 3. Antioxidantes. 4. Camu- camu. I.  
Título.

CDD 22. ed. 660.63

---

**ALINE OZANA DE SOUZA**

**PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE NO EPICARPO DO CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*)  
EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dra Alessandra Santos Lopes.  
Coorientador: Dra. Rafaella de Andrade Mattietto.

**BELÉM**

2014

**ALINE OZANA DE SOUZA**

**PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE NO EPICARPO DO CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*)  
EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dra Alessandra Santos Lopes.  
Coorientador: Dra. Rafaella de Andrade Mattietto.

Aprovada em em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dra. Alessandra Santos Lopes - Orientadora (PPGCTA/ITEC/UFPA)

---

Dra. Rafaella de Andrade Mattietto – Coorientadora (Embrapa/Laboratório de Agroindústria)

---

Dra. Walnice Maria Oliveira do Nascimento (Embrapa/CPATU)

---

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena (PPGCTA/ITEC/UFPA)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar e me amparar, em todos os momentos da minha vida.

À minha família, Lúcia Ozana, Martim Carvalho, Ricardo Carvalho, Jaqueline Ozana e Bernardo Mesquita, pelo amor, dedicação, compreensão e ajuda. E por valorizar meus esforços e minhas conquistas.

Aos meus amigos, por fazerem parte da minha vida e compartilharem de momentos alegres e tristes, e por me estenderem à mão quando precisei. Em especial à minha amiga Thaise Oliveira, pela parceria e ajuda. Com ela ao meu lado, as dificuldades foram amenizadas e o conhecimento compartilhado.

À minha orientadora Dra. Alessandra Lopes e minha co-orientadora Dra. Rafaella Mattietto, pelos ensinamentos, dedicação e orientação.

À Dra. Walnice Nascimento e à EMBRAPA, por disponibilizar os frutos do Banco Ativo de Germoplasma de camu-camu, e enorme apoio ao estudo.

À toda equipe do Laboratório de Agroindústria da EMBRAPA, em especial à Dona Ana, Dona Conceição, Lorena Maciel e Dra. Ana Vânia Carvalho, pelo auxílio na realização de algumas análises, pelo apoio e carinho.

Ao professor Dr. Rosinelson Pena, membro da banca examinadora, pela contribuição científica ao trabalho.

À equipe do Laboratório de Fontes Amiláceas (UFPA), pela ajuda e apoio.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos (UFPA), pela oportunidade de agregar e compartilhar conhecimento e pesquisa.

À CAPES, pelo financiamento ao estudo.

## RESUMO

O estudo teve como objetivos, analisar as características físicas, composição físico-química, os principais compostos bioativos e a capacidade antioxidante do epicarpo do camu-camu, em função do estágio da maturação em frutos de diferentes genótipos provenientes de planta matrizes do Banco Ativo de Germoplasma de Camucamuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental. Foram coletados frutos de três genótipos, escolhidos ao acaso, em três estágios de maturação. Os resultados foram expressos em base seca e analisados por meio de Análise de Variância, teste de comparação de médias de Tukey e Coeficiente de Correlação de Pearson, com intervalo de confiança de 95%. Para as análises físico-químicas, houve um comportamento diferente para cada progênie, em função da maturação, com exceção do teor de carboidratos que aumentou em todas as progênies. Para vitamina C, as progênies 38 e 44 apresentaram uma elevação do teor de ácido ascórbico, comparando os estágios verde e maduro, e a progênie 17 demonstrou diminuição durante a maturação; o maior teor de vitamina C foi encontrado na progênie 44, estágio maduro (24,02 g/100g). Todas as progênies apresentaram uma elevação no teor de fenólicos totais e antocianinas ao longo da maturação, sendo que os maiores valores foram demonstrados pela progênie 17 (3298,98 mg AGE/100g) e 44 (165,91 mg/100g) respectivamente. Os flavonóis e carotenoides apresentaram um comportamento distinto e estatisticamente diferente em cada progênie, sendo que o maior teor de flavonóis foi encontrado na progênie 17, no estágio verde (343,63 mg QE/100g) e de carotenoides na progênie 44, estágio maduro (105,88 mg/100g). Em relação à atividade antioxidante baseada no método DPPH, as progênies 38 e 44 apresentaram o mesmo comportamento ao longo da maturação, com maior atividade antioxidante no estágio semimaduro e menor no verde, sendo que a maior atividade antioxidante foi encontrada na progênie 17, no estágio maduro (38,95 g fruta/g). Já pelo método ABTS, a atividade antioxidante foi estatisticamente diferente para todas as progênies e em todos os estágios de maturação, com maior valor apresentado pela progênie 44, no estágio maduro (1701,63  $\mu$ M trolox/g). Avaliando-se a relação entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante, a progênie 17 obteve mais correlações estatisticamente significativas. Pode-se concluir que o fator variedade genética causa diferenciações na síntese de diversos compostos durante a maturação de frutos de camucamuzeiro.

**Palavras-chave:** *Myrciaria dubia*. Fitoquímicos. Antioxidantes. Progênies.

## ABSTRACT

The presence of bioactive compounds suffers greatly influenced by environmental and genetic factors, and behave differently in each part of the plant. However, there are few studies which deal these aspects of camu-camu. Thus, this study aimed to analyze the physical, physico-chemical composition, the main bioactive compounds and antioxidant capacity of camu-camu bark, depending on the stage of ripeness in fruits of different genotypes from plant matrices Bank Active Germplasm Camucamuzeiro of Embrapa Eastern Amazon. Fruits of three genotypes, selected at random in three maturity stages were collected. Results were expressed on a dry basis and analyzed by Analysis of Variance, Comparison Test Tukey's and Pearson's Correlation Coefficient, with a confidence interval of 95%. For physico-chemical analysis, there was a different one for each progeny, depending on maturity, except that the carbohydrate content increased in all progenies behavior. For vitamin C, the progenies 38 and 44 showed a high content of ascorbic acid, comparing the green and ripe stages, and 17 progeny showed a decrease during maturation; the highest content of vitamin C has been found in 44 progeny, ripe stage (24,02 g/100g). All progenies showed an increase in the content of total phenolics and anthocyanins throughout maturation, with the highest values were demonstrated by progeny 17 (3298,98 AGE/100g mg) and 44 (165,91 mg/100g) respectively. Flavonols and carotenoids showed a distinct and statistically different behavior in each progeny , with the highest content of flavonols was found in 17 progeny in the green stage (343,63 mg QE/100g) and carotenoids in 44 progeny, ripe stage (105,88 mg/100g). Regarding the antioxidant activity based on the DPPH method, the progenies 38 and 44 showed the same behavior throughout maturation, with higher antioxidant activity half ripe and smallest stage in green, with the highest antioxidant activity was found in 17 progeny in the ripe stage (38,95 g fruit/g). Already by ABTS method, the antioxidant activity was statistically different for all progenies and in all stages of maturation, higher value submitted by 44 progeny at maturity (170,63  $\mu$ M trolox/g). Evaluating the relationship between bioactive compounds and antioxidant activity, the 17 progeny won more statistically significant correlations. It can be concluded that various factors cause differences in the synthesis of various compounds during fruit ripening of camucamuzeiro.

**Keywords:** *Myrciaria dubia*. Phytochemicals. Antioxidants. Progenies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Via de L-galactose da síntese de ácido ascórbico em plantas.....	20
Figura 2. Estrutura básica das principais classes de polifenóis.....	22
Figura 3. Biossíntese dos Terpenos.....	23
Figura 4. Frutos de camu-camu divididos em três estádios de maturação. Frutos no estádio verde, semimaduro e maduro, da esquerda para direita.....	26
Figura 5. Teor de ácido ascórbico (g/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s).....	38
Figura 6. Teor de fenólicos totais (mg AGE/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s). AGE: ácido gálico equivalente.....	39
Figura 7. Teor de antocianinas (mg/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s).....	40
Figura 8. Teor de flavonóis (mg QE/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s). QE: quercitina equivalente.....	41
Figura 9. Teor de carotenoides totais ( $\beta$ -caroteno mg/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s).....	42
Gráfico 10. Atividade antioxidante pelo método DPPH (g fruta/g DPPH) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s).....	43
Figura 11. Atividade antioxidante pelo método ABTS ( $\mu$ M trolox/g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênes em função da maturação, com desvio-padrão (b.s).....	44



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química de frutos de camu-camu.....	16
Tabela 2. Características visuais utilizadas para diferenciação dos três diferentes estádios de maturação do fruto do camu-camu.....	26
Tabela 3. Teor de umidade (%) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação.....	31
Tabela 4. Teor de cinzas (%) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação.....	32
Tabela 5. Valor de pH do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação.....	33
Tabela 6. Acidez total titulável (g/100g) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).....	34
Tabela 7. Sólidos solúveis (°Brix) e relação SS/ATT do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).....	34
Tabela 08. Açúcares redutores (mg glicose/100g) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).....	36
Tabela 09. Fibra dietética (mg/100g) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação..... (b.s).....	36
Tabela 10. Macronutrientes (proteínas, lipídios e carboidratos) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).....	37
Tabela 11. Correlação entre os compostos bioativos e atividade antioxidante determinada pelos métodos DPPH e ABTS, no epicarpo do camu-camu, em diferentes progênes, em função da maturação.....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
3.1	CAMU-CAMU ( <i>Myrciaria dubia</i> ) .....	13
3.1.1	Morfologia e condições de cultivo .....	13
3.1.2	Propagação e Genética .....	14
3.1.3	Valor Nutricional.....	15
3.1.4	Aspectos da maturação .....	16
3.2	COMPOSTOS BIOATIVOS .....	18
3.2.1	Definição e importância .....	18
3.2.2	Vitamina C .....	19
3.2.3	Polifenóis. ....	21
3.2.4	Carotenoides .....	22
3.2.5	Métodos <i>in vitro</i> para determinação de atividade antioxidante.....	24
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	26
4.1	MATERIAIS .....	26
4.1.1	Amostras.....	26
4.1.2	Tratamento e Conservação das amostras.....	27
4.2	MÉTODOS .....	27
4.2.1	Caracterização física do epicarpo do camu-camu .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.2.2	Composição físico-química do epicarpo do camu-camu .....	28
4.2.3	Ácido ascórbico .....	28
4.2.4	Carotenoides Totais.....	28
4.2.5	Polifenóis Totais.....	28
4.2.6	Antocianinas Totais.....	29
4.2.7	Flavonóis.....	29
4.2.8	Determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS (Trolox Equivalent Absorbance Capacity) .....	29
4.2.9	Determinação da capacidade antioxidante pelo método DPPH .....	30
4.3	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS.....	30

<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
5.1 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EPICARPO DO CAMU-CAMU.....	31
5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS NO EPICARPO DO CAMU-CAMU.....	38
5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EPICARPO DO CAMU-CAMU.....	43
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O camu-camu (*Myrciaria dubia*) é uma espécie silvestre que tem despertado interesse dos mercados alimentício e farmacêutico, além de ser alvo de pesquisas atuais que relatam seu potencial antioxidante devido ao teor elevado de ácido ascórbico, principalmente presente no epicarpo (VILLANUEVA-TIBURCIO; CONDEZO-HOYOS; ASQUIERI, 2010), que pode chegar a 5178,49mg/100g (SILVA, 2012). Porém no Brasil, o fruto ainda é pouco conhecido e o processamento do camu-camu se limita ao congelamento da polpa, importada principalmente para o Japão, Europa e Estados Unidos (YUYAMA, 2011).

Um estudo realizado por Chirinos et al. (2010) verificaram com o uso de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, a presença de trinta compostos fenólicos diferentes na fruta camu-camu, especialmente flavan-3-ols, ácido elágico e seus derivados, flavonóis e flavanonas. Além dos polifenóis, o camu-camu também apresenta carotenoides, principalmente trans-luteínas e  $\beta$ -caroteno (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; ZANATTA; MARCADANTE, 2007).

A presença de compostos bioativos no camu-camu pode variar de acordo com o estágio de maturação do fruto, visualizada pela coloração do epicarpo que se altera durante o processo de amadurecimento, do verde para tons de vermelho e roxo (ZANATTA et al., 2005), elevando-se os teores de ácido ascórbico e de antocianinas (VILLANUEVA-TIBURCIO; CONDEZO-HOYOS; ASQUIERI, 2010). Pesquisas *in vivo* com humanos, realizadas por Inoue et al (2008) demonstraram o alto potencial antioxidante e anti-inflamatório do suco de camu-camu, e sugeriram que a vitamina C e outras substâncias presentes na fruta contribuíram efetivamente para esse resultado.

Os compostos bioativos exercem potente atividade biológica e desempenham diversos papéis em benefício à saúde humana (CARRATU; SANZINI, 2005). Eles são, em sua maioria, metabólitos secundários relacionados com os sistemas de defesa das plantas, contra a radiação ultravioleta e às agressões de insetos ou patógenos (MANACH et al., 2004), e com a biossíntese de substâncias sinalizadoras de polinização (RICE-EVANS; MILLER; PAGNAGA, 1996). Esses fitoquímicos de ocorrência natural são misturas complexas que diferem entre vegetais, partes da planta e seu estágio de desenvolvimento (WINK, 2004).

Sendo assim, quantificar os compostos bioativos no epicarpo do camu-camu em diferentes estádios de maturação e diferentes genótipos é relevante para o conhecimento sobre a capacidade antioxidante desta parte do fruto e sua transformação ao longo do processo de maturação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Quantificar os principais compostos bioativos e a capacidade antioxidante no epicarpo do camu-camu, em função do estágio de maturação em frutos de diferentes genótipos provenientes de planta matrizes do Banco Ativo de Germoplasma de camucamuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar as características físico-químicas do epicarpo do camu-camu em diferentes estágio de maturação;

Avaliar o teor de vitamina C no epicarpo do camu-camu em três estádios de maturação;

Quantificar os carotenoides e as principais famílias de polifenóis presentes no epicarpo do camu-camu, em três estádios de maturação, utilizando métodos colorimétricos;

Analisar a capacidade antioxidante no epicarpo do camu-camu, em três estádios de maturação.

Associar a presença dos compostos bioativos no epicarpo do camu-camu com a atividade antioxidante, em função da maturação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*)

#### 3.1.1 Morfologia e condições de cultivo

O camucamuzeiro é espécie arbustiva encontrado em toda a floresta amazônica no Brasil, Venezuela, Colômbia e Peru pertencente à família Myrtaceae (IIAP, 2001, SILVA, 2001). O tronco e os ramos do camucamuzeiro são cilíndricos, lisos e glabros; suas raízes são profundas e com muitos pelos absorventes (RIVA RUIZ, 1994; VILLACHICA, 1996). As folhas são lanceoladas e simples; apresenta inflorescências axilares, com flores polistêmones em forma de “pincel”, subsésseis, brancas, hermafroditas, com pétalas pubescentes e ovário ínfero (IMÁN, 2001; MAUÉS; COUTURIER, 2002)

O fruto é globoso medindo de 1 a 4 cm de diâmetro e com peso entre 2,2 até 13,5g; apresenta epicarpo liso e brilhante e coloração variando do vermelho ao roxo quando maduro forte e com característico sabor ácido. Possui sementes planas e reniformes, com 8 a 11 mm de comprimento e 5,5 a 11 mm de largura, variando entre uma a quatro sementes por fruto (PICÓN; DELGADO; PADILHA, 1987; CHAVEZ FLORES, 1988; ANDRADE, 1991; ZAPATA; DUFOUR, 1993; VILLACHICA, 1996).

A planta em área de ocorrência natural, geralmente desenvolve-se em solos aluviais de adequada fertilidade, com pH variando do ácido ao neutro e com temperaturas entre 22 à 28°C, precipitação média anual de 2.800 mm e umidade relativa entre 70 a 95% (RIBEIRO; MOTA; CORRÊA, 2001). A planta apresenta frutificação anual quando em ambiente natural e durante as cheias dos rios pode continuar submersa por quatro à cinco meses. Ela também apresenta adaptação à terra firme e sua floração e frutificação são influenciadas pelo índice pluviométrico (CALZADA BENZA, 1980; CHAVES FLORES, 1988, FALCÃO et al., 1993).

O habitat do camucamuzeiro pode variar desde solos férteis de várzea no Peru, até solos paupérrimos da praia de areia branca do rio Negro, influenciando o crescimento da planta. Em solos férteis apresenta raízes curtas e próximas ao caule principal, com produção de frutos anualmente; na segunda situação, o sistema radicular pode estender-se três vezes ou mais da sua altura e a frutificação decai para cada dois ou três anos, devido o acúmulo de reserva para produzir o fruto (YUYAMA, 2011).

Ribeiro (2012) analisou a influência do ambiente na formação dos compostos bioativos no camu-camu, e verificou que os frutos cultivados em ambiente seco apresentam maior teor de ácido ascórbico e polifenóis totais em relação aos frutos advindos de ambientes alagados, e justificou este resultado com o argumento de que à exposição dos arbustos à água e o acúmulo ao redor da planta pode diminuir a temperatura, resultando na diminuição da produção de polifenóis, visto que o estresse térmico é considerado um fator importante para síntese destes compostos. Além disso, o efeito do sombreamento, observado em plantas de cultivo alagado, também pode influenciar negativamente a formação de polifenóis e do ácido ascórbico.

### **3.1.2 Propagação e genética**

As primeiras informações sobre a biologia floral do camucamuzeiro foram realizadas por Peters e Vasquez (1986/1987), ao estudarem a estrutura e a densidade em uma população natural da espécie no Peru, na área da Bacia do Rio Ucayali. Eles relataram que as flores são hermafroditas e que o vento e as abelhas sem ferrão da subfamília Meliponinae são os principais vetores de polinização daquela região.

A *Mircyaria dúbia* é espécie alógama, que promove maior variabilidade pelo cruzamento entre plantas. Sua propagação pode ser conduzida via sexuada e assexuada, sendo esta última por métodos como estaquia, enxertia ou alporquia (ENCISO; NARAZAS; VILLACHICA, 1993; FERREIRA; GENTIL, 1997; CRUZ; RESENDE, 2008). As sementes desta espécie são dispersas de forma endozoocórica, realizada principalmente por peixes como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), e pela própria correnteza dos cursos d'água (YUYAMA; SIQUEIRA 1999).

Avaliações de características morfológicas do camucamuzeiro têm demonstrado grandes diferenças relacionadas ao crescimento e produção dos acessos (YUYAMA et al., 2003). Teixeira et al (2004) observaram uma variação genética entre as sub-populações estudadas utilizando marcadores isoenzimáticos ao avaliarem três populações de camucamuzeiro (Uatumã, Iquitos e Boa Vista), e concluíram que estudos moleculares poderiam detectar possíveis padrões de variação genética entre populações associadas às diferentes regiões da Amazônia.

Em alguns países como Colômbia, Peru e Brasil, criaram-se coleções de germoplasma visando a conservação e uso da variabilidade genética do camucamuzeiro (CALIRI, 2002).

No Brasil, foi implantado em 1994 o Banco Ativo de Germoplasma de Camucamuzeiro, com credenciamento 035/2010-SECEX-CGEN, na Embrapa Amazônia Oriental localizada no município de Belém, Estado do Pará, com coordenadas geográficas de 48°26'45"W e 1°26'31"S. Os acessos são provenientes das margens dos rios Javari e Jandiatuba, afluentes do rio Solimões, Estado do Amazonas, e dos rios Trombetas e Tapajós, Estado do Pará (GURGEL et al., 2012).

### 3.1.3 Valor Nutricional

O camu-camu é considerada como uma das fontes mais rica em vitamina C (0,96 - 6,29g/100g de polpa), com teores mais elevados do que os encontrados em outras frutas tropicais como acerola (1,12 - 1,79g/100g de polpa fresca), caju (0,10 - 0,12g/100g de polpa) e laranja (0,41g/100g de polpa) (ANDRADE et al., 1995; VISENTAINER, et al., 1997; LESLIE, 1998; ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003; MATTA; MORETTI; CABRAL, 2004; YAZAWA et al., 2011, GRIGIO, 2013). A Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C varia entre 40 e 120 mg/dia, sendo a ingestão máxima segura de 2g/dia (IOM, 2004), assim o camu-camu pode ser considerado um alimento fonte de vitamina C.

Em estudo realizado por Zapatta e Dufor (1993) com o intuito de identificar a composição química do camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três estádios de maturação, relatou-se que além do elevado teor de ácido ascórbico e dehidroascórbico, a fruta apresentava considerável teor de potássio. Além disso, identificou-se os principais açúcares redutores (glicose e frutose), aminoácidos (serina - 31,6g/100g; valina - 28,9g/100g; e leucina - 19,9g/100g); e majoritariamente o ácido cítrico (19.8 a 29.8 g kg<sup>-1</sup>), sendo este o principal responsável pelo sabor ácido da fruta. Uma compilação de vários estudos sobre a composição química do camu-camu estão descritas na Tabela 1.

Em relação aos ácidos graxos, a polpa do camu-camu apresenta principalmente o ácido linolênico, e cerca de 52% dos ácidos graxos são poli-insaturados (JUSTI et al., 2000). A fruta da *Myrciaria dubia* também contém vários compostos bioativos, tanto da família dos polifenóis, quanto de carotenoides, especialmente as trans-luteínas (cerca de 45 a 55% do total de carotenoides) (ZANATTA; MERCADANTE, 2007; CHIRINOS et al., 2010; GONCALVES et al., 2010; RUFINO et al., 2010; MYODA et al., 2010). Sendo que o



epicarpo apresenta maior teor de polifenóis totais em relação à polpa (VILLANUEVA-TIBURCIO; CONDEZO-HOYOS; ASQUIERI, 2010).

Tabela 1. Composição química de frutos de camu-camu.

<b>Componentes</b>	Zapata e Dufour (1993)	Riva Ruiz (1994)	Villachica (1996)	Justi et al. (2000)	Rodrigues (2002)	Alves (2002)
Umidade (g/100g)	-	93	94,4	94	93,95	-
Calorias	-	24	17	-	-	-
Proteínas (g/100g)	-	0,5	0,5	0,4	0,45	-
Carboidrato (g/100g)	-	5	4,7	3,5	-	-
Lipídio (g/100g)	-	-	0,2	0,2	-	-
Fibra (g/100g)	-	0,4	0,6	0,1	-	-
Cinzas (g/100g)	-	0,2	0,2	0,3	0,39	-
Ácido cítrico (g/100g)	1,9	-	-	-	-	-
Sólidos solúveis (°Brix)	6,8	-	-	-	7,2	6,36
Acidez (g ácido cítrico)	3,8	-	-	-	2,31	-
pH	2,56	-	-	-	2,8	2,54
Glicose (g/kg)	0,816	-	-	-	-	-
Frutose (g/kg)	0,951	-	-	-	-	-
Açúcar Total (%)	-	-	-	-	2,37	1,48
Açúcares redutores (%p/p)	-	-	-	-	2,31	-
Açúcares não redutores (%p/p)	-	-	-	-	0,6	-
<b>Minerais</b>						
Fósforo (mg/kg)	180	150	170	-	-	-
Sódio (mg/kg)	27	-	-	111,3	-	-
Potássio (mg/kg)	711	-	-	838,8	-	-
Cálcio (mg/kg)	65	280	270	157,3	-	-
Magnésio (mg/kg)	5,1	-	-	12,38	-	-
Manganês (mg/kg)	0,21	-	-	2,11	-	-
Zinco (mg/kg)	0,13	-	-	0,36	-	-
Cobre (mg/kg)	0,08	-	-	0,2	-	-
Ferro (mg/kg)	0,18	0,5	0,5	0,53	-	-
<b>Vitaminas</b>						
Vitamina C (g/100g)	0,96	2,78	2,994	1,41	1,69	2,061
Tiamina (mg/kg)	-	0,01	-	-	-	-
Riboflavina (mg/kg)	-	0,04	-	-	-	-
Niacina (mg/kg)	-	0,061	-	-	-	-

Fonte: Aline Souza.

### 3.1.4 Aspectos da maturação

Anatomicamente, o fruto é originado do ovário e geralmente desenvolvido de tecidos do carpelo em parte ou no todo (GIOVANNONI, 2004). O amadurecimento do fruto

representa o estado terminal de desenvolvimento no qual houve acúmulo da maioria das reservas, geralmente com liberação das sementes nas frutas secas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A maturação envolve uma série de complexas reações bioquímicas, como a hidrólise do amido, a síntese de carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos, além da formação de vários compostos voláteis (SPEIRS; BRADY, 1991).

Segundo Tanksley (2004), o desenvolvimento do fruto ocorre em três fases: a primeira caracterizada por intensa divisão celular mitótica; a segunda, na qual ocorre o aumento do tamanho das células e da massa dos frutos; e a terceira correspondente à maturação. Contudo, muitos processos se inter-relacionam nessas fases, que dificulta a distinção entre elas de forma concisa (WATADA et al., 1984). Em geral, no fim da fase de maturação inicia o amadurecimento do fruto, com mudanças na cor, textura e aroma, com consequente senescência do fruto (KAYS, 1997).

O camu-camu é considerado não climatérico, no qual o estágio de maturação interfere significativamente sobre as suas características físicas e a composição química. No estágio maduro, com coloração do epicarpo totalmente vermelha, apresenta melhor balanço dos constituintes de interesse nutricional, organoléptico e tecnológico (rendimento de polpa e teor de sólidos solúveis), ocorrendo aumento de peso, pH, sólidos solúveis, açúcares redutores, vitamina C e antocianinas; porém ocorre diminuição de carotenoides totais, proteínas, gordura e acidez (ANDRADE, 1991)

Os índices de colheita das frutas podem ser determinados por diversos métodos: visuais (cor e forma), físicos (medida de firmeza da polpa, do peso, diâmetro e volume), químicos (determinação do amido, substâncias insolúveis, acidez, etc) e fisiológicos (taxa respiratória e produção de etileno) (PANTASTICO, 1975; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Porém, Andrade (1991) afirma que, devido a ausência de sincronia da floração do camucamuzeiro, a coloração do fruto seria a forma mais viável para estimar o ponto de colheita do camu-camu.

Um estudo feito por Grigio (2013) analisou o fruto do camu-camu em três estágios de maturação (imaturo, semimaturo e maduro) durante o armazenamento por oito dias, e verificou que o melhor ponto de colheita para extração de pigmentos e antioxidantes é o estágio maduro, porém se o objetivo for a obtenção de maior vida de prateleira, o melhor ponto de colheita é o estágio semimaduro, pois há maior conservação de seus atributos qualitativos (sólidos solúveis, acidez, menor perda de massa).

O desenvolvimento do camu-camu em ambiente natural acontece no período de 102 dias após a antese, com pleno amadurecimento dos frutos nas plantas. A maior atividade

antioxidante ocorre prioritariamente nos frutos colhidos 88 dias após a antese (estádio entre semimaturado e maduro), sendo a vitamina C como maior contribuinte para essa atividade, além de apresentar maior concentração de compostos funcionais no seu epicarpo (SILVA, 2012).

## 3.2 COMPOSTOS BIOATIVOS

### 3.2.1 Definição e importância

Os compostos bioativos são elementos extranutricionais presentes em baixas quantidades em alguns alimentos. Em sua maioria, são metabólitos secundários geralmente relacionados ao sistemas de defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos (MANACH et al., 2004).

Ampla variedade de metabólitos secundários é produzida pelos vegetais superiores, entre eles figuram os compostos nitrogenados (alcaloides, aminas, aminoácidos, glicosídeos cianogênicos, glicosinolatos, inibidores de proteases e lectinas) e não nitrogenados (terpenoides, saponinas, flavonoides, antocianinas, taninos, ácidos fenólicos, ligninas, lignanas e poliacetilenos) (WINK, 2004). Devido a esta variedade, eles podem ser subdivididos em grupos com vários compostos distintos, sendo alguns próprios de alguma espécie ou gênero de plantas, já outros, unidos por um complexo critério de classificação (CARRATU; SANZINI, 2005).

Os compostos bioativos presentes nos alimentos podem atuar por diferentes formas, referente tanto aos alvos fisiológicos como os mecanismos de ação. É comum estes compostos apresentarem ação antioxidante, devido ao potencial de óxido-redução de determinadas moléculas, bem como à habilidade destas em competir por sítios ativos e receptores nas diferentes estruturas celulares ou, ainda, na modulação da expressão de genes que codificam proteínas envolvidas em mecanismos intracelulares de defesa contra processos oxidativos degenerativos de estruturas celulares (BASTOS et al., 2009)

Biologicamente, além da ação antioxidante, os compostos bioativos atuam também na modulação de enzimas de desintoxicação, estimulação do sistema imune, diminuição da agregação plaquetária, modulação do metabolismo hormonal, redução da pressão sanguínea e na atividade antibacteriana e antiviral (CARRATU; SANZINI, 2005; LAJOLO; HORST, 2009).

Devido à importância funcional desses compostos na saúde humana, vários pesquisadores vêm realizando estudos com o objetivo de identificar e determinar as

concentrações nos alimentos que apresentam grande consumo por parte da população, dentre estes, as frutas. Alguns estudos epidemiológicos demonstraram efeito protetor de dietas ricas em frutas e vegetais contra as principais enfermidades da atualidade, como as doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer, principalmente em função ao seu efeito antioxidante (RODRIGUES et al., 2003; LIMA et al., 2004; MELO et al., 2006; CANUTO; XAVIER; NEVES; BENASSI, 2010), caracterizando alguns como alimentos funcionais ou nutracêuticos (MORAES; COLLA, 2006).

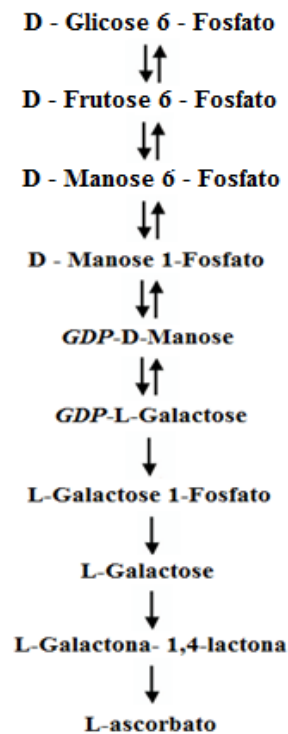
### 3.2.2 Vitamina C

O ácido ascórbico, conhecido como Vitamina C, é um micronutriente essencial encontrado em alguns alimentos, principalmente em frutas e verduras (WHO, 2006; BARRETO, 2008). Ele ocorre naturalmente sob duas formas, reduzida (ácido ascórbico) e oxidada (ácido desidroascórbico) quando há a retirada de dois átomos de hidrogênio. Ambas são fisiologicamente ativas, encontradas nos tecidos orgânicos, podendo ser inativadas de forma irreversível caso o ácido desidroascórbico sofra uma nova oxidação para ácido dicetogulônico (ANDERSON et al., 1988).

A biossíntese da vitamina C ocorre partir da glicose e acontece primordialmente no fígado ou nos rins de alguns animais devido à ação de uma enzima, a gulonolactona oxidase (GULO), que catalisa a última etapa da reação. Os seres humanos, primatas não humanos e outros animais sofreram inúmeras mutações que culminaram na inativação do gene responsável por codificar esta enzima, tornando necessária a ingestão da vitamina C por meio da ingestão de alimentos (FRANSSON; MANI, 2007).

Por sua vez, as plantas produzem grande quantidade de ácido L-ascórbico para facilitar sua resistência aos estresses oxidativos e àqueles inerentes à fotossíntese (CHEN et al., 2003), participar do crescimento da parede celular, expansão celular; síntese de etileno, giberilinas, hidroxiprolina e antocianinas (SMIRNOFF; WHEELER, 2000). Um componente muito importante na síntese do ascorbato é a via da L-galactose, na qual a Guanosina Difosfato-D-manose (GDP-D-Manose) é convertida em L-ascorbato, por quatro sucessivos intermediários (WHEELER; JONESMA; SMIRNOFF, 1998; URZICA et al., 2012) (Figura 1).

Figura 1 - Via da L-galactose da síntese de ácido ascórbico em plantas.



Fonte: Adaptado de Giovannoni (2007).

A vitamina C é uma lactona derivado do ácido L-gulônico que pode ser sintetizado a partir da D-glicose ou D-galactose (LEHNINGER, 1995; FLÓREZ, 1999). Apresenta-se como uma substância cristalina, solúvel em água, estável a pH ácido, que sofre oxidação com facilidade, principalmente por íons metálicos, além de ser sensível a alguns fatores como luz, radiação, calor e meio alcalino (GUILLAND; LEQUEU, 1995; BARRETO, 2008). Sua concentração e estabilidade em alimentos vegetais variam entre espécie, dentro de diferentes fenótipos, tempo e temperatura de processamento, estágio de maturação, pH, presença de enzimas e oxigênio (MAEDA et al., 2007)

A importância do ácido ascórbico para o organismo humano deve-se ao fato desta vitamina participar de diversos processos metabólicos, como a produção de epinefrina, corticoesteróides, ácidos biliares e colágeno. Também atua como co-fator de enzimas, participa dos processos de óxido-redução, potencializa a absorção de ferro, inibe formação de radicais livres (PADH, 1991), além de melhorar a função endotelial por meio dos efeitos sobre a produção de óxido nítrico (JACKSON et al., 1998).

### 3.2.3 Polifenóis

A ação dos polifenóis na saúde humana tem sido muito estudada, estando estes universalmente presentes nos alimentos derivados de plantas. O seu benefício está associado à alimentação quando consumidos como parte de uma dieta equilibrada (SYMPOSIUM INTRODUCTION, 2012). Esta associação advém principalmente da atividade antioxidante, apresentando diversos mecanismos para proteger as substâncias alimentares de deterioração oxidativa, incluindo a retenção de radicais, a remoção de metais de transição e a habilidade redutora (MASUDA et al., 2013)

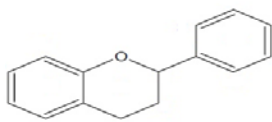
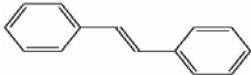
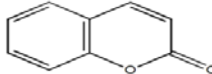
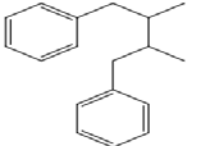
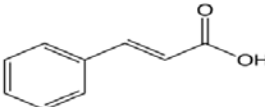
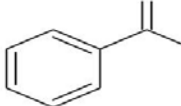
A presença dos polifenóis em alimentos é amplamente influenciada por condições ambientais e fatores genéticos; além destes, outros fatores são importantes como germinação, nível de maturidade, variedade, processamento e armazenamento (KÜHNAU, 1976; PORTER, 1989; PELEG et al., 1991; MAZZA, 1995; HERRMANN, 1998).

Os polifenóis são metabólitos secundários derivados exclusivamente da via do ácido chiquímico e/ou do acetato, com mais de um anel fenólico e sem qualquer grupo funcional nitrogenado na sua estrutura mais básica (QUIDEAU et al., 2011). A atividade antioxidante destes compostos depende além da estrutura química, da dissociação da energia da ligação O-H, ressonância do radical fenol e do impedimento estérico dos grupos substituintes volumosos no anel aromático (SANCHEZ-MORENO et al., 1998).

Apesar da estrutura comum dos polifenóis, que varia de moléculas fenólicas simples para compostos altamente polimerizados, a ocorrência deste complexo grupo de substâncias em alimentos de origem vegetal é muito diversificada, havendo um grande número de classes de polifenóis, que compreende os flavonoides, estilbenos, cumarinas, lignanas, ligninas, cinâmicos, e ácidos benzoicos (BRAVO, 1998; VAN DUYNHOVEN et al., 2011) (Figura 4).

Estudos epidemiológicos têm associado o consumo de polifenóis com um risco reduzido de doença cardiovascular (MANACH et al., 2005) e câncer (ARTS; HOLLMAN, 2005). Já estudos de intervenção em seres humanos e animais forneceram evidência adicional para os efeitos protetores dos polifenóis na modulação da função vascular e das plaquetas (HODGSON; KROFT, 2006), e um melhor perfil lipídico do plasma (MANACH et al., 2004; MANACH et al., 2005; SCALBERT, 2005). Além disso, também identificou-se que polifenóis podem exercer efeitos benéficos em relação ao estresse oxidativo, inflamação e função endotelial (CALIXTO, 2012).

Figura 2 - Estrutura básica das principais classes de polifenóis.

CLASSES	ESTRUTURA BÁSICA
<b>Flavonoides</b>	
<b>Estilbenos</b>	
<b>Cumarinas</b>	
<b>Lignanas</b> Ex. Dibenzilbutano	
<b>Cinâmicos</b>	
<b>Ácidos benzoicos</b>	

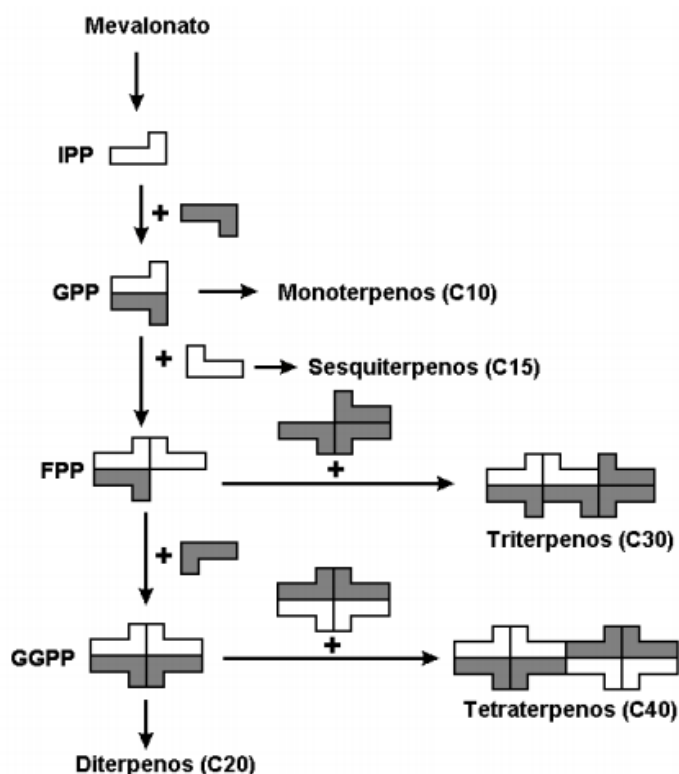
Fonte: O autor.

### 3.2.4 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipofílicos que apresentam duplas ligações conjugadas, em sua maioria na configuração trans, diferentemente de lipídios insaturados não conjugados, que têm ligações duplas principalmente da configuração cis. Eles são polienos rígidos, que reforçam as membranas celulares de bactérias e animais, devido à sua base estrutural e seu comprimento adequado, correspondendo às zonas hidrofóbicas dessas membranas (VERSHININ, 1999).

Eles são oriundos do metabolismo secundário do isopreno, pela via do mevalonato, sendo que o isopentenil-pirofosfato (IPP) é a unidade básica para sua biossíntese. A cadeia carbônica dos carotenoides é sintetizada por sucessivas adições das unidades em C5 que vão formar geranyl-geranyl-pirofosfato (GGPP), intermediário em C20 que por condensação origina a estrutura em C40, um tetraterpeno (MORAES; ABRAM; FERREIRA, 2006) (Figura 3).

Figura 3 - Biossíntese dos Terpenos.



Fonte: Perez (2008).

Os carotenoides se apresentam como uma vasta gama de pigmentos amarelos, laranjas e vermelhos devido seu sistema de duplas ligações conjugadas que constitui o grupo cromóforo (VILELLA, 1976). O aumento do número dessas ligações resultará em maiores bandas de absorção em maiores comprimentos de onda, tornando os carotenoides mais vermelhos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

São biossintetizados principalmente por algas, mas também por plantas e muitos microorganismos. Sua presença nas frutas e vegetais depende de vários fatores como: variedade genética, estágio de maturação, armazenamento pós-colheita, processamento e preparo (CAPECKA, MARECZEK; LEJA, 2005).

Alguns carotenoides são também precursores de vitamina A, essencial nas dietas de mamíferos (GUZMAN; YOUSEF; BROWN, 2012) e atuam na proteção contra alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular, cataratas e participa do fortalecimento do sistema imunológico (HANKINSON, et al., 1992; GAZIANO; HENNEKENS, 1993; KRINSKY, 1994; VAN POPPEL; GOLDBOHM, 1995; OLSON, 1999).

O principal mecanismo pelo qual os carotenoides proporcionam ações benéficas ao organismo humano é por meio de sua ação antioxidante (EDGE; MCGARVEY; TRUSCOTT,



1997) atuando na proteção das células contra radicais livres e no sequestro de espécies reativas de oxigênio devido à presença de suas duplas ligações conjugadas (KRINSKY, 2001; YOUNG; LOWE, 2001). Além disso, eles inibem de forma eficiente a peroxidação lipídica e uma interação de  $\beta$ -caroteno com um radical peróxido conduz à formação de um radical aduto, inofensivo ao organismo humano (BURTON; INGOLD, 1984).

### 3.2.5 Métodos *in vitro* para determinação de atividade antioxidante

Os antioxidantes são substâncias que atuam inibindo o processo de oxidação, através da diminuição de radicais livres produzidos pelo organismo e/ou quelando íons metálicos; podem ser classificados em enzimáticos ou antioxidantes de baixo peso molecular (ABPM); entre os ABPM têm se destacado o ácido ascórbico, tocoferol, carotenoides e flavonoides. (BARREIROS et al., 2006).

A formação de radicais livres *in vivo* acontece via ação catalítica de enzimas, durante os processos de transferência de elétrons que ocorrem no metabolismo celular e pela exposição a fatores exógenos. Contudo, na condição de pró-oxidante a concentração desses radicais pode aumentar devido à maior geração intracelular ou pela deficiência dos mecanismos antioxidantes. O desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes que resulta na indução de danos celulares pelos radicais livres tem sido chamado de estresse oxidativo (BIANCHI; ANTUNES, 1999; TAVARES, 2000; BARREIROS et al., 2006).

A defesa antioxidante do organismo humano é constituída principalmente pelas vitaminas A, C e E, e as enzimas catalase (CAT), glutathiona reduzida (GSH), glutathiona peroxidase (GPx) e superóxido dismutase (SOD) (TAVARES, 2000; BARREIROS et al., 2006).

A atividade antioxidante pode ser medida de forma direta, pela capacidade de sequestrar radicais livres, ou indireta através do efeito do antioxidante na reação de oxidação (ANTOLOVICH et al., 2002). No segundo caso, os testes podem expressar os resultados pelo seu efeito inibidor, sua extensão ou taxa de consumo de reagentes, ou ainda a formação de um produto. A atividade antioxidante também pode ser medida indiretamente pelo aumento da estabilidade oxidativa expresso como um índice antioxidante ou fator de proteção (JADHAV et al., 1996; SÁNCHEZ-MORENO; LARRAURI, 1998; ANTOLOVICH et al., 2002).

Os métodos geralmente avaliam a capacidade das substâncias antioxidantes presentes na amostra em impedir as reações radiculares e oxidativas. Porém, a

informação gerada por cada método varia quanto as diferentes respostas, tipos de radicais livres gerados, indicadores de oxidação, detecção e quantificação, tornando-se necessária a aplicação de mais de um método para analisar de forma mais eficiente a atividade dos antioxidantes (SILVA et al., 1999; SÁNCHEZ-MORENO, 2002; SILVA et al., 2007).

A determinação da atividade antioxidante *in vitro* de um alimento irá informar o seu potencial antioxidante antes deste ser ingerido, além de avaliar a proteção contra a sua oxidação e deterioração, reações que podem induzir uma diminuição na sua qualidade e valor nutricional (LIMA, 2008).

Em matrizes complexas, como as frutas, não existem métodos padronizados para a determinação da atividade antioxidante, devido principalmente à dificuldade em medir cada composto separadamente e as interações entre os diferentes antioxidantes no sistema, assim como sua comparação (CAO; PRIOR, 1999; KULKARNI; ARADHYA; DIVAKAR, 2004; SCHERER; GODOY, 2009).

Os métodos Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) e Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (ABTS) têm sido repetidamente empregados para avaliar as atividades antioxidantes relativas de diferentes amostras, tanto biológicas quanto em alimentos (CAO; PRIOR, 1999; VAN DEN BERG et al., 1999; PRIOR et al., 2003; PRIOR; WU; SCHAICH, 2005; WU et al., 2013). Recentemente, vários trabalhos têm ressaltado a atividade antioxidante de alguns frutos amazônicos, como o açaí, muruci e ingá, utilizando estes métodos (SILVA et al., 2007).

Outros métodos são citados na literatura, como o Poder Antioxidante na Redução do Ferro (FRAP), DPPH (radical 2,2-difenil-1-picrihidrazil), ABTS [ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfônico], Espectrometria de Ressonância de Spin de Elétrons (ESR) (KULKARNI; ARADHYA; DIVAKAR, 2004; LIMA, 2008).

Porém é importante resaltar que dentre os diversos métodos existentes, deve-se avaliar qual é o mais adequado para o estudo com base em suas vantagens e desvantagens em diferentes etapas do processo oxidativo (SILVA et al., 1999).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

#### 4.1.1 Amostra

As amostras de frutos de camu-camu foram colhidas em diferentes plantas matrizes no Banco de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, localizada em Belém, estado do Pará (1°28' S e 48°29' W). Selecionou-se frutos de três genótipos, escolhidas ao acaso, em três estádios de maturação: verde, semimaduro e maduro (Figura 4), conforme características descritas na Tabela 2. Foram descartados os frutos que apresenta qualquer sinal de deterioração ou que estivessem danificado fisicamente.

Figura 4 - Frutos de camu-camu divididos em três estádios de maturação. Frutos no estágio verde, semimaduro e maduro, da esquerda para direita



Fonte: O autor.

**Tabela 2.** Características visuais utilizadas para diferenciação dos três estádios de maturação do fruto do camu-camu.

Estádios de maturação	Coloração da casca
Verde	90 a 100% verde
Semimaduro	10% à 80% vermelha
Maduro	Acima de 80% vermelha

Fonte: O autor.

#### **4.1.2 Tratamento e conservação das amostras**

Os frutos inteiros foram selecionados, higienizados (com solução a 50 ppm de cloro ativo por 30 minutos, e posterior enxague para retirada do excesso de cloro) e despulpados manualmente para separação da polpa, epicarpo e semente. O epicarpo foi homogeneizado, acondicionada em embalagens plásticas laminadas a vácuo e armazenadas em temperatura de congelamento (-20 °C), até a realização das análises.

### **4.2 MÉTODOS**

#### **4.2.1 Avaliação físico-química do epicarpo do camu-camu**

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental e no Laboratório de Fontes Amiláceas da Universidade Federal do Pará. Todas as análises foram realizadas em triplicata e expressas em base seca (b.s).

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico por secagem em estufa a 105°C, até peso constante, sendo os resultados expressos em porcentagem (%), de acordo com o método 932.12 da AOAC (1997). O teor de cinzas foi mensurado através do método 940.26 da AOAC (2002). O pH foi determinado em potenciômetro, previamente calibrado com soluções tampão pH 4,0 e 7,0, de acordo com o método 981.12 da AOAC (1997). Para análise de acidez total titulável (ATT), realizou-se a titulação com NaOH 0,1 N, auxiliado por um pHMETRO, sendo os resultados expressos em mg de ácido cítrico/100 g, segundo método 942.15 da AOAC (2002). O teor de sólidos solúveis (SS), expressos como °Brix, foi obtido pela leitura direta em refratômetro digital ABBE, segundo método 942.15 da AOAC (1997). A relação entre sólidos solúveis e acidez total titulável foi determinada pelo quociente entre o SS e a ATT.

Açúcares redutores foram determinados pelo método de Lane e Eynon (titulação de oxirredução), segundo o método 31.034-6 da AOAC (1984). A fibra dietética foi determinada por meio do método detergente-ácido, número 973.18 da AOAC (1997).

Na quantificação dos macronutrientes, as proteínas totais foram determinadas por Kjeldahl foi baseada no método 920.152 da AOAC (2002). Para lipídios, efetuou-se a extração com mistura de solventes a frio de acordo com o método de Bligh e Dyer (1959). Já

os carboidratos serão determinados por diferença subtraindo-se de 100% o valor de proteínas, lipídios, cinzas e umidade.

## **4.2.2 Quantificação dos compostos bioativos do epicarpo do camu-camu**

### **4.2.2.1 Ácido ascórbico**

Método n° 43.065 da AOAC (1984), modificado por Benassi (1990), que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódico (DCFI) pelo ácido ascórbico. Foram diluídas de 0,1 a 1g de amostra em 50 ml de ácido oxálico (devido a influência da coloração da casca no estágio maduro), filtrada e titulada com DCFI até a mudança de coloração para cor rósea. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de amostra (b.s).

### **4.2.2.2 Carotenoides Totais**

Realizado segundo o método descrito por Rodriguez-Amaya (1999). Utilizou-se 5 gramas de amostra em cada estágio de maturação e como solvente de extração o éter de petróleo, com os resultados expressos em função do  $\beta$ -caroteno, pico de absorbância em 450nm e coeficiente de absorção de  $2592 A_{1cm}^{1\%}$  (b.s).

### **4.2.2.3 Polifenóis Totais**

Realizado pelo método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton e Rossi (1965) e modificado por Georgé (2005), no qual foi utilizado de 1 a 3 gramas de amostra em cada estágio de maturação. Para a remoção de interferentes, o extrato bruto (obtido da diluição da amostra em acetona à 70% e filtração) foi lavado duas vezes em cartuchos Oasis HLB com água destilada. A quantidade de polifenóis foi calculada com base na curva padrão de ácido gálico, sendo mensurada pela diferença entre o extrato bruto (interferentes e polifenóis) e o lavado (interferentes). As leituras de absorbância foram realizadas a 760nm e os resultados expressos em AGE (ácido gálico equivalente) por 100g de casca da fruta (b.s).

#### 4.2.2.4 Antocianinas Totais

A quantificação das antocianinas foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico de pH único, conforme descrito por Fuleki e Francis (1968) e revisada por Lees e Francis (1972). Para a amostra no estágio maduro e semimaduro, utilizou-se 2 e 3 gramas de amostra respectivamente. Para a extração das antocianinas foi utilizada uma solução de etanol 95% : HCl 1,5N (85:15, v/v). Após a etapa de extração foi realizada a leitura em espectrofotômetro UV-visível, com comprimento de onda em 535nm. Os resultados foram expressos em mg/100g de casca (b.s). Não foi possível determinar o teor de antocianinas totais no estágio verde devido a absorbância ter sido muito baixa, mesmo aumentando a quantidade de amostra.

#### 4.2.2.5 Flavonóis

Método da reação do cloreto de alumínio, utilizado para quantificar a família dos flavonóis e flavonas, conforme descrito por Meda et al (2005). Os resultados foram calculados com base na curva de calibração construída com quercetina e expressos em miligramas de equivalentes quercetina (EQ) por grama de extrato seco (mgEQ/g) em base seca.

### **4.2.3 Determinação da capacidade antioxidante do epicarpo do camu-camu**

#### 4.2.3.1 Método ABTS

O método ABTS foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Rufino et al. (2007a) que mede a diminuição da concentração do radical ABTS [ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfônico] capturado pelos antioxidantes testados da amostra e pelo equivalente hidrossolúvel da vitamina E (trolox). O extrato foi preparado à partir de 1 grama de amostra, utilizando como solvente extrator metanol a 50%, acetona a 70% e água destilada, o qual foi homogeneizado, centrifugado (11.000 rpm por 15 minutos) e filtrado em duas etapas.

A análise das amostras foi realizada em triplicata, após preparo e leitura do padrão de trolox 2mM, em diferentes diluições, para obtenção da curva-padrão. A leitura foi realizada em espectrofotômetro à 734 nm após 6 minutos da mistura do radical ABTS (5ml de solução de ABTS 7mM e 88µL de solução de persulfato de potássio 140mM), com o extrato da

amostra em diferentes diluições, utilizando o álcool etílico como branco. O resultado foi expresso em  $\mu\text{M}$  trolox/g de casca (b.s).

#### 4.2.3.2 Método DPPH

Realizado de acordo com Rufino et al. (2007b) baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes que produzem um decréscimo da absorvância a 515 nm. Antes das análises foi realizada uma cinética para descobrir o tempo de estabilização das amostras, em cada estágio de maturação, sendo determinados os tempos de 8 (oito), 7 (sete) e 6 (seis) minutos para as amostras no estágio maduro, semimaduro e verde, respectivamente. Foram utilizados os parâmetros cinéticos de acordo com Sánchez-Moreno et al. (1998):  $EC_{50}$  (quantidade de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH•) e  $t_{EC50}$  (tempo que essa concentração necessita para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical) e a eficiência antirradical ( $AE$ ) =  $1/(EC_{50} * t_{EC50})$ .

Para preparação do extrato, pesou-se 0,25 gramas de amostra, adicionado de 40ml de álcool metílico à 50%, homogeneizado e levado para centrífuga à 11.000 rpm por 11 minutos, o sobrenadante foi filtrado e acondicionado em balão volumétrico âmbar de 100 ml. O restante do extrato foi adicionado de 40 ml de acetona à 70%, levado à centrifugação novamente, filtrado e acondicionado no mesmo balão, que foi aferido com água destilada. A leitura da amostra foi realizada com 5 (cinco) diluições, enquanto que os pontos da curva foram feitos em 7 (sete) diluições de solução inicial de DPPH (60 $\mu\text{M}$ ) com álcool metílico.

A capacidade antioxidante foi expressa como a concentração de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH ( $EC_{50}$ ). O decréscimo da absorvância do DPPH foi expresso como g de casca/g de DPPH.

### 4.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, utilizando o programa STATISTICA® (StatSoft), versão 7, para comparação de diferenças estatísticas entre os estágios de maturação e as progênies estudadas. Foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson para avaliar a intensidade da associação linear entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante, durante a maturação e nas três diferentes progênies.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EPICARPO DO CAMU-CAMU

Ainda são poucos os estudos que analisam o camu-camu em função da maturação. Sendo assim, há um número muito restrito destes para serem utilizados para comparações. A tabela 5 demonstra o teor de umidade no epicarpo do camu-camu, em função da maturação, e pode-se observar que a progênie 17 apresentou o menor valor de umidade no estágio maduro (82,25%), enquanto que a progênie 38 e 44 no estágio semimaduro (84,29 e 80,71%, respectivamente) (Tabela 5).

Andrade (1991) verificou uma diminuição no teor de umidade no pericarpo do camu-camu, ao longo da maturação, com leve acréscimo no período de senescência. No estudo de Ribeiro (2012) foi encontrado valor semelhante de umidade (86,2%) no epicarpo do camu-camu de frutos maduros, coletados no Amazonas e cultivados em ambiente seco.

Durante o desenvolvimento do fruto normalmente ocorre o acúmulo de reservas como carboidratos e água, promovendo mudanças físicas na sua forma e massa. Porém este comportamento não foi observado nas progênies de camu-camu estudadas, visto que, não houve aumento de umidade entre os estádios verde e maduro.

Silva (2012), observou decréscimo de massa fresca no camu-camu no período de 88 dias após a antese (estádio semimaduro), justificando tal fato, pela perda de umidade para a atmosfera em função da alta incidência solar e taxa de evaporação predominante na região Amazônica.

Tabela 5. Teor de umidade (%) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênies e em três estádios de maturação.

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	85,21 ± 0,28 <sup>aB</sup>	84,41 ± 0,34 <sup>aA</sup>	82,25 ± 0,48 <sup>bB</sup>
38	86,15 ± 0,15 <sup>aA</sup>	84,29 ± 0,35 <sup>bA</sup>	86,02 ± 0,36 <sup>aA</sup>
44	86,29 ± 0,46 <sup>aA</sup>	80,71 ± 0,21 <sup>bB</sup>	85,54 ± 0,86 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênies no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.



O teor de cinzas compreende o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, que é transformada em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e NO<sub>2</sub>, porém não representa necessariamente a mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento devido à perdas por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra.

Verifica-se na Tabela 6 que o comportamento apresentado para cada progênie foi diferente em relação ao teor de cinzas. A progênie 17 apresentou maior teor de cinzas no estágio semimaduro (2,59%), enquanto que a 38, no estágio maduro (2,20%). A progênie 44 não demonstrou alteração estatisticamente diferente durante a maturação para cinzas.

Este resultado reforça a presença da grande variabilidade genética do camu-camu, além disso, não existem estudos publicados até o momento que analisaram o teor de cinzas apenas no epicarpo do camu-camu. Sendo assim não há possibilidade de comparação dos resultados.

Tabela 6. Teor de cinzas (%) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênies e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	1,47 ± 0,16 <sup>bA</sup>	2,59 ± 0,27 <sup>aA</sup>	2,05 ± 0,34 <sup>abA</sup>
38	1,82 ± 0,16 <sup>abA</sup>	1,49 ± 0,11 <sup>bB</sup>	2,2 ± 0,32 <sup>aA</sup>
44	1,77 ± 0,21 <sup>aA</sup>	1,91 ± 0,27 <sup>abB</sup>	1,46 ± 0,40 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênies no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Comparando o valor de pH, houve uma diminuição na progênie 17 em função da maturação, ao contrário das progênies 38 e 44, nas quais houve um aumento (Tabela 7). A diminuição do pH apresentada pela progênie 17 pode ser justificada, em parte, pela redução da sua umidade durante a maturação, fato que não ocorreu nas outras progênies, concentrando os ácidos orgânicos presentes, e assim refletindo no valor de pH.

Em outros estudos com o camu-camu, não foram encontradas variações significativas do pH durante a maturação (ANDRADE, 1991; ALVES, et al., 2002; SILVA, 2012), esse comportamento pode ser explicado pelo fato dos ácidos orgânicos, que se encontram dentro

dos vacúolos, apresentarem a função de manter o pH da célula ao se combinarem com sais e formarem um sistema tamponante nos frutos cítricos (BIALE, 1960).

Tabela 7. Valor de pH do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação.

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	3,08 ± 0,01 <sup>aA</sup>	2,94 ± 0,02 <sup>bA</sup>	2,95 ± 0,01 <sup>bB</sup>
38	2,88 ± 0,02 <sup>cA</sup>	2,95 ± 0,01 <sup>bA</sup>	3,06 ± 0,02 <sup>aA</sup>
44	2,29 ± 0,17 <sup>bB</sup>	2,65 ± 0,33 <sup>abA</sup>	2,89 ± 0,01 <sup>aC</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênes no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

A acidez aumentou com a maturação na progênie 17, sem apresentar diferença estatística entre os estádios semimaduro e maduro. Porém nas progênes 38 e 44 houve diminuição no estágio semimaduro, com aumento no estágio maduro. O maior valor de acidez foi detectado na progênie 17 no estágio maduro, e o menor, também na progênie 17, porém no estágio verde (Tabela 8).

Os menores valores de pH na progênie 17 (2,94 e 2,95 respectivamente) foram detectados nos estádios semimaduro e maduro, coincidindo com os maiores valores de acidez (19,61 e 21,35 respectivamente). Assim como na progênie 38, com menor valor de pH (2,88) e maior valor de acidez (20,03) no estágio verde; e na progênie 44, com menor valor de pH (2,29) e maior acidez (19,25) no estágio verde (não diferiu significativamente do estágio maduro).

A presença de ácidos orgânicos no fruto pode ser mensurada pela acidez titulável, que tende a diminuir durante a maturação devido à oxidação dos ácidos em decorrência da respiração, sendo geralmente inversamente proporcional ao valor de pH. Porém este comportamento não foi observado neste estudo, assim como Silva (2012) e Alves et al. (2002), que também encontraram nos frutos do camu-camu um leve incremento de acidez nos estádios finais da maturação.

Tabela 8. Acidez total titulável (g/100g) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	2,47 ± 0,05 <sup>bC</sup>	3,06 ± 0,09 <sup>aB</sup>	3,16 ± 0,01 <sup>aA</sup>
38	2,89 ± 0,06 <sup>aA</sup>	2,99 ± 0,06 <sup>aB</sup>	2,37 ± 0,01 <sup>bC</sup>
44	2,69 ± 0,02 <sup>cB</sup>	4,01 ± 0,03 <sup>aA</sup>	2,82 ± 0,08 <sup>bB</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênes no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Na Tabela 9, pode-se observar que houve um aumento no teor de sólidos solúveis em todas as progênes. O maior teor de sólidos solúveis foi encontrado na progênie 44 e 17, no estágio maduro (6,6°Brix); e o menor teor na progênie 38, no estágio verde (4,3°Brix).

Em função da relação SS/ATT, verifica-se um aumento durante a maturação nas progênes 38 e 44. Porém a progênie 17 apresentou um comportamento diferente, na qual a relação SS/ATT demonstrou menor valor no estágio semimaduro. A maior relação SS/TT foi identificada na progênie 44, estágio maduro; e a menor na progênie 38, estágio verde (Tabela 9).

Tabela 9. Sólidos solúveis (°Brix) e relação SS/ATT no epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação.

Determinações	Progênes	Estádios de maturação		
		Verde	Semimaduro	Maduro
SS (°Brix)	17	5,63 ± 0,06 <sup>cA</sup>	5,7 ± 0,0 <sup>bB</sup>	6,6 ± 0,0 <sup>aA</sup>
	38	4,3 ± 0,0 <sup>cB</sup>	5,2 ± 0,0 <sup>bC</sup>	6,27 ± 0,12 <sup>aB</sup>
	44	5,7 ± 0,0 <sup>cA</sup>	5,8 ± 0,0 <sup>bA</sup>	6,6 ± 0,0 <sup>aA</sup>
Relação SS/ATT	17	2,28 ± 0,03 <sup>aA</sup>	1,87 ± 0,05 <sup>cB</sup>	2,09 ± 0,01 <sup>bC</sup>
	38	1,48 ± 0,03 <sup>cC</sup>	1,74 ± 0,04 <sup>bC</sup>	2,64 ± 0,05 <sup>aB</sup>
	44	2,12 ± 0,02 <sup>bB</sup>	2,14 ± 0,02 <sup>bA</sup>	2,43 ± 0,06 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênes no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

SS: Sólidos solúveis.

ATT: Acidez total titulável.

O teor de sólidos solúveis é um dos indicativos da quantidade de açúcares presente nos frutos, pois há outras substâncias como vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas, que também influenciam este parâmetro. Durante a maturação, a biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos geralmente resulta no acréscimo do teor de sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Porém, até o momento, ainda não há estudos que apresentem o teor de sólidos solúveis e relação SS/ATT apenas no epicarpo do camu-camu, durante a maturação, para fins de comparação e interpretação destes resultados. Grigio (2013) estudou o camu-camu em diferentes estádios de maturação, durante um período de oito dias de armazenamento, e verificou que os frutos maduros apresentavam maior teor de sólidos solúveis do que os semimaduros e imaturos (verdes).

Andrade (1991) constatou um aumento no teor de sólidos solúveis e na relação SS/ATT durante a maturação em frutos de camu-camu coletados no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Rio Branco). Silva (2012) também encontrou um aumento do teor de sólidos solúveis e da relação SS/ATT ao longo da maturação após aproximadamente 74 dias depois da antese (estádio entre o verde e o semimaduro) em frutos de camu-camu de uma população nativa de Rio Branco. Porém, ambos os estudos demonstraram seus resultados em base úmida, sendo o teor de umidade um fator limitante para comparação e que interfere o teor de sólidos solúveis e relação SS/ATT, pois a água presente nas frutas, mensurada pela umidade, irá diluir a concentração das substâncias presentes nas frutas, como açúcares e ácidos orgânicos.

Nas frutas, os açúcares redutores são oriundos da degradação da sacarose e de polissacarídeos de reserva como o amido (NEVES, 2009). Observa-se na Tabela 10 que houve um aumento dos açúcares redutores durante a maturação nas progênies 17 e 44, porém a progênie 38 demonstrou menor valor de açúcares redutores no estágio semimaduro (18,87mg), com posterior aumento no estágio maduro.

Não há trabalhos publicados até o momento que relatam o teor de açúcares redutores no epicarpo do camu-camu. Silva (2012) ao analisar a parte comestível do camu-camu (polpa e casca), também encontrou aumento no teor de açúcares redutores durante a maturação, concluindo que quanto maior o teor de açúcares redutores, maior é o grau de maturação do camu-camu.

Tabela 10. Açúcares redutores (mg glicose/100g) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênie e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	19,35 ± 0,19 <sup>cC</sup>	23,79 ± 0,12 <sup>bB</sup>	31,36 ± 0,29 <sup>aA</sup>
38	20,44 ± 0,24 <sup>bB</sup>	18,87 ± 0,01 <sup>cC</sup>	27,71 ± 0,44 <sup>aB</sup>
44	24,10 ± 0,2 <sup>bA</sup>	25,17 ± 0,12 <sup>aA</sup>	24,78 ± 0,32 <sup>aC</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênie no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Em relação ao teor de fibras, as progênie 17 e 38 apresentaram uma diminuição no teor de fibras durante a maturação. Já a progênie 44 teve maior quantidade de fibras no estágio semimaduro (26,76 mg/100g) (Tabela 11). Não há outros estudos com camu-camu que demonstrem o teor de fibras dietéticas no seu epicarpo.

A principal fonte de fibra dietética é a parede celular vegetal, que compreende uma série de polissacarídeos frequentemente associados à proteínas e compostos fenólicos, juntamente com polímeros de lignina (MENDES, 2011).

É importante a quantificação das fibras em alimentos, pois as fibras dietéticas formam um conjunto de substâncias derivadas dos vegetais, que são resistentes à ação de enzimas digestivas humanas, propiciando vários benefícios como na prevenção e tratamento da doença diverticular do cólon, redução do risco de câncer e melhora do controle da diabetes mellitus (KELSAY, 1978; CARVALHO et al, 2012).

Tabela 11. Teor de fibras (mg/100g) do epicarpo do camu-camu de diferentes progênie e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	26,16 ± 2,12 <sup>aA</sup>	11,14 ± 2,07 <sup>bB</sup>	14,45 ± 1,07 <sup>bB</sup>
38	21,63 ± 1,36 <sup>aA</sup>	12,8 ± 0,59 <sup>bB</sup>	9,25 ± 1,48 <sup>cC</sup>
44	15,99 ± 2,82 <sup>bB</sup>	26,76 ± 5,29 <sup>aA</sup>	20,82 ± 0,68 <sup>abA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênie no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Ainda não há estudos que avaliaram a quantidade dos macronutrientes presentes no epicarpo do camu-camu em função da maturação. Porém, os carboidratos são os macronutrientes em maior quantidade no camu-camu (RIVA RUIZ, 1994; VILACHICA, 1996; JUSTI et al., 2000). Neste trabalho, em relação às proteínas, não houve alteração durante a maturação nas progêneses 38 e 44, porém houve aumento estatisticamente significativo na progênie 17. A progênie 44 foi a que apresentou os teores mais elevados de proteínas, em todos os estádios de maturação, em relação às outras progêneses (Tabela 12).

Para os lipídios (Tabela 12), houve um aumento durante a maturação nas progêneses 17 e 44, porém na progênie 38, o menor teor de lipídios foi encontrado no estágio semimaduro. O maior valor de lipídios foi apresentado pela progênie 17 (18,72 mg/100g) no estágio maduro e o menor foi na progênie 44, no estágio verde (13,12 mg/100g). Andrade (1991) encontrou um decréscimo no teor de lipídios e proteínas durante a maturação de frutos de camu-camu.

O teor de carboidratos aumentou durante a maturação em todas as progêneses, sendo o maior valor encontrado na progênie 17, no estágio maduro (91,8 mg/100g), e o menor também na progênie 17, no estágio verde (63,16 mg/100g) (Tabela 12). Este comportamento era esperado, pois nas frutas há uma tendência no aumento da concentração de carboidratos durante a maturação.

Tabela 12. Teor de proteínas, lipídios e carboidratos do epicarpo do camu-camu de diferentes progêneses e em três estádios de maturação (b.s).

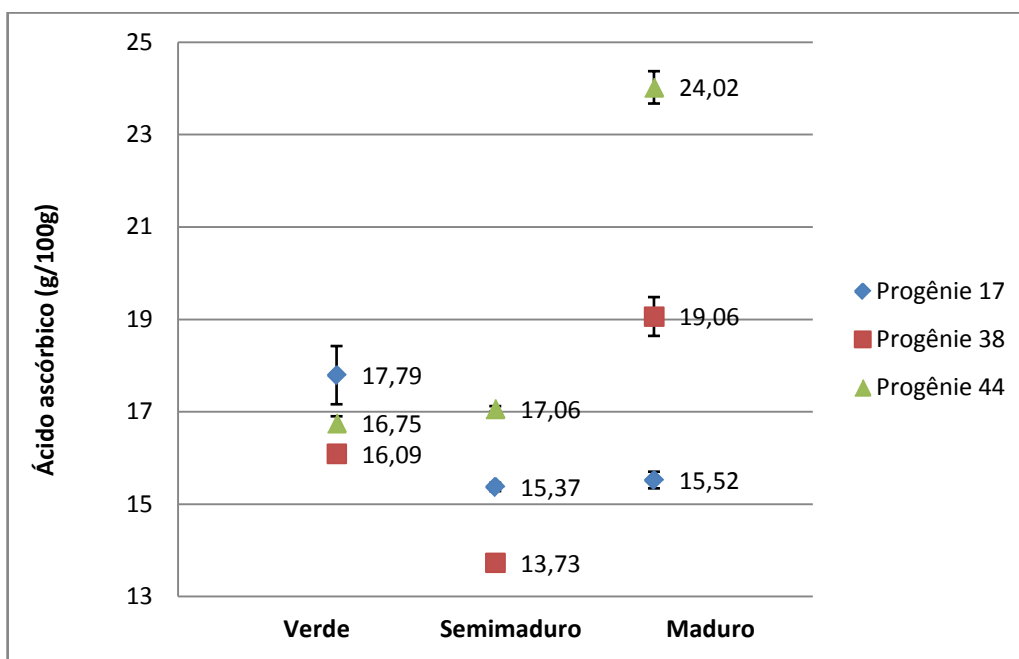
Determinações	Progêneses	Estádios de maturação		
		Verde	Semimaduro	Maduro
Proteínas (mg/100g)	17	5,05 ± 0,14 <sup>cC</sup>	6,2 ± 0,39 <sup>bA</sup>	7,38 ± 0,46 <sup>aA</sup>
	38	5,72 ± 0,21 <sup>aB</sup>	4,58 ± 0,56 <sup>aB</sup>	5,74 ± 0,29 <sup>aB</sup>
	44	6,77 ± 0,36 <sup>aA</sup>	7,3 ± 1,27 <sup>aA</sup>	7,33 ± 0,33 <sup>aA</sup>
Lipídios (mg/100g)	17	13,71 ± 0,52 <sup>cB</sup>	15,69 ± 0,54 <sup>bA</sup>	18,72 ± 0,98 <sup>aA</sup>
	38	17,12 ± 0,95 <sup>aA</sup>	10,84 ± 0,43 <sup>cB</sup>	14,5 ± 0,62 <sup>bB</sup>
	44	13,12 ± 0,4 <sup>bB</sup>	16,19 ± 0,47 <sup>aA</sup>	15,12 ± 0,50 <sup>aB</sup>
Carboidratos (mg/100g)	17	63,16 ± 1,29 <sup>cB</sup>	75,52 ± 2,51 <sup>bB</sup>	91,80 ± 3,78 <sup>aA</sup>
	38	71,14 ± 1,82 <sup>bA</sup>	66,02 ± 2,37 <sup>bC</sup>	79,58 ± 2,11 <sup>aB</sup>
	44	76,36 ± 3,78 <sup>bA</sup>	80,42 ± 0,97 <sup>aA</sup>	80,48 ± 6,3 <sup>aB</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progêneses no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

### 5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS DO EPICARPO DO CAMU-CAMU

No presente estudo, as progênies 38 e 44 apresentaram aumento do teor de ácido ascórbico, comparando os estádios verde e maduro, e a progênie 17 demonstrou diminuição durante a maturação; não houve diferença estatística entre o estádio semimaduro e maduro (Figura 5). A progênie 44 foi a que demonstrou maior teor de ácidos ascórbico nos estádios semimaduro e maduro: 17,06 g/100g e 24,02 g/100g, respectivamente. A progênie 17 apresentou maior teor de ácido ascórbico no estádio verde (17,79 g/100g), comparando-se às outras progênies no mesmo estádio de maturação.

Figura 5 - Teor de ácido ascórbico (g/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênies em função do estádio de maturação, com desvio-padrão (b.s).



Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos e Asquieri (2010) verificaram uma diminuição ao longo da maturação no teor de vitamina C no epicarpo de frutos frescos de camu-camu advindos da região Ucayali, no Peru. Chirinos et al. (2010) também constataram uma diminuição na quantidade de ácido ascórbico durante a maturação, em frutos secos, da cidade de Lima.

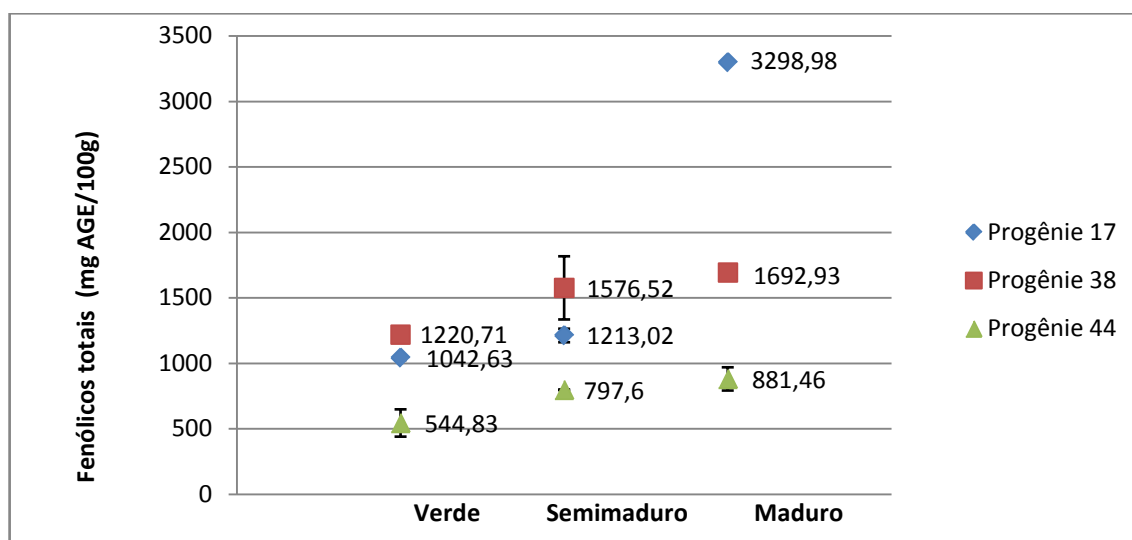
O aumento do ácido ascórbico no epicarpo do camu-camu, encontrado em alguns frutos neste estudo, pode ser explicado, em parte, pelo maior tempo de exposição dos frutos à incidência solar, o que favorece a fotossíntese, aumentando o teor de carboidratos, que através

da via da L-galactose darão origem ao ácido ascórbico, porém há outros fatores que atuam na síntese do ácido ascórbico que ainda não estão totalmente elucidados.

Independente do estágio de maturação, o teor de vitamina c encontrado no epicarpo do camu-camu é muito alto em comparação à outras frutas tropicais (VISENTAINER, et al., 1997; LESLIE, 1998; ASSUNCÃO; MERCADANTE, 2003; MATTA; MORETTI; CABRAL, 2004; RUFINO, et al., 2010; ALMEIDA et al., 2011; YAZAWA et al., 2011), e demonstra o potencial do uso desta parte do fruto para fins industriais na área cosmética, de medicamentos, de suplementos, entre outros. De acordo com Mattietto et al. (2010), devido a grande variação genética do camu-camu, os teores de vitamina C encontrados no fruto variam significativamente, sendo assim necessário mais pesquisas envolvendo diferentes progênies.

Todas as progênies apresentaram uma elevação no teor de fenólicos totais ao longo da maturação, porém a progênie 17 demonstrou um aumento muito superior às outras progênies no estágio maduro (3298,98 mg AGE/100g). A progênie 44 apresentou o menor teor de fenólicos totais em todos os estádios de maturação, sendo que não houve diferença estatística entre os estágio semimaduro e maduro. (Figura 6).

Figura 6 - Teor de fenólicos totais (mg AGE/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênies em função do estágio de maturação, com desvio-padrão. AGE: ácido gálico equivalente (b.s).



No estudo de Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos e Asquieri (2010), o maior teor de fenólicos totais foi encontrado no epicarpo do camu-camu semimaduro, porém a metodologia utilizada foi com base na redução do íon  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$  pelo método Azul de Prússia, o que dificulta a comparação dos resultados obtidos. Chirinos et al. (2010) com uso da



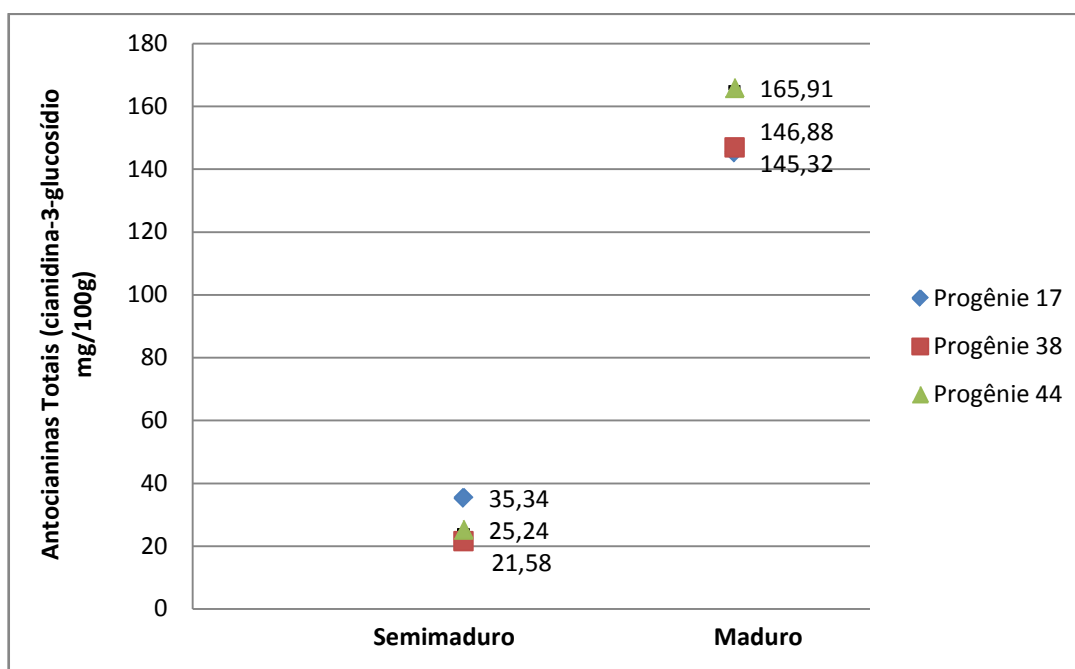
Cromatografia líquida de alta eficiência, verificaram um aumento no teor de fenólicos totais com a maturação no camu-camu seco.

Reynertson et al. (2008) analisaram os compostos fenólicos e atividade antioxidante em quatorze frutas da família Myrtaceae, e a *Myrciaria dubia* foi a que apresentou o maior teor destes compostos, utilizando o método de Folin-Ciocalteu, porém não houve a remoção dos interferentes, que pode ter superestimado este valor.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) muitos compostos fenólicos são sintetizados durante o amadurecimento dos frutos, podendo alguns destes serem polimerizados, ocasionando a diminuição na adstringência dos frutos.

Quanto ao teor de antocianinas nas amostras estudadas, houve elevação durante o período de maturação em todas as progênies. Não houve resultados para o estágio verde, devido à baixa quantidade de antocianinas neste estágio. Quando semimadura, a progênie 17 apresentou maior teor de antocianinas (35,34 mg/100g) comparando-se às outras progênies, já no estágio maduro, destacou-se a progênie 44 (165,91 mg/100g). Não houve diferença estatística entre as progênies 17 e 38 no estágio maduro (Figura 7).

Figura 7 - Teor de antocianinas (mg/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênies em função do estágio de maturação, com desvio-padrão (b.s).



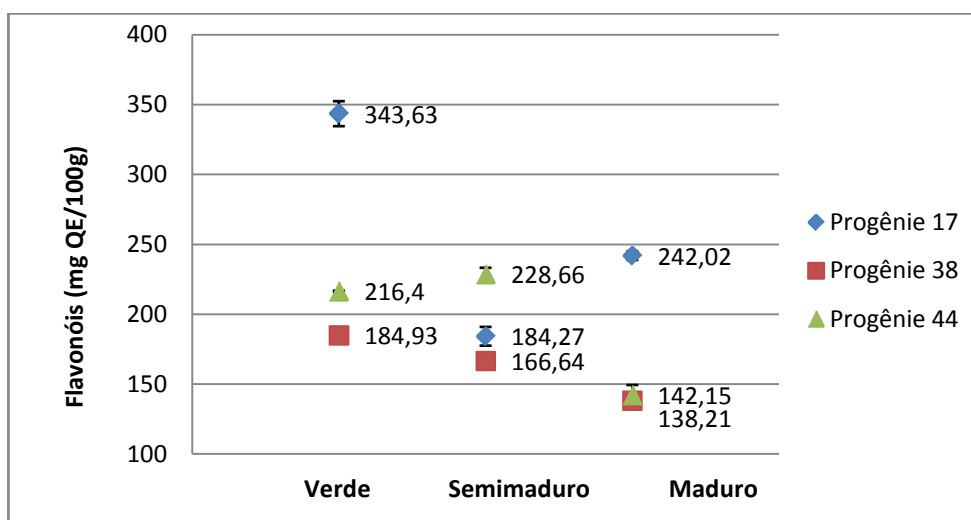
Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos e Asquiere (2010) verificaram aumento no teor de antocianinas no epicarpo de frutos frescos de camu-camu, em relação ao estágio semimaduro e maduro, apresentando os seguintes valores, 3,83 e 46,42 mg/100g,

respectivamente. Porém a metodologia utilizada pelos referidos autores para análise de antocianinas foi o pH diferencial e os resultados expressos em base úmida, sendo assim, não é possível inferir comparações quanto aos teores de antocianinas encontradas no presente estudo.

Zanatta et al. (2005) encontraram valores de antocianinas totais que variavam de 30,3 a 54 mg/100g de casca fresca (estádio maduro) em duas regiões diferentes no estado de São Paulo, utilizando o método do pH único. Assim, demonstra-se que a maior presença de antocianinas ocorre nos estádios finais da maturação do camu-camu, apresentando potencial para extração destes pigmentos, principalmente no epicarpo, onde concentram-se as antocianinas no camu-camu.

Os flavonóis, embora pertençam ao grupo dos flavonoides, apresentaram um comportamento distinto e estatisticamente diferente em cada progênie. A progênie 17 apresentou diminuição de flavonóis entre o estágio verde e semimaduro, com aumento no estágio maduro; a progênie 38 demonstrou diminuição durante a maturação; e a progênie 44 não apresentou variação estatisticamente diferente entre o estágio verde e semimaduro, com decréscimo no estágio maduro (Figura 8). O maior teor de flavonóis foi encontrado na progênie 17, no estágio verde (343,63 mg QE/100g), e o menor na progênie 38, no estágio maduro (138,21 mg QE/100g).

Figura 8 - Teor de flavonóis (mg QE/100 g) do epicarpo de camu-camu colhida de três progênies e em três estádios de maturação. QE: quercetina equivalente.



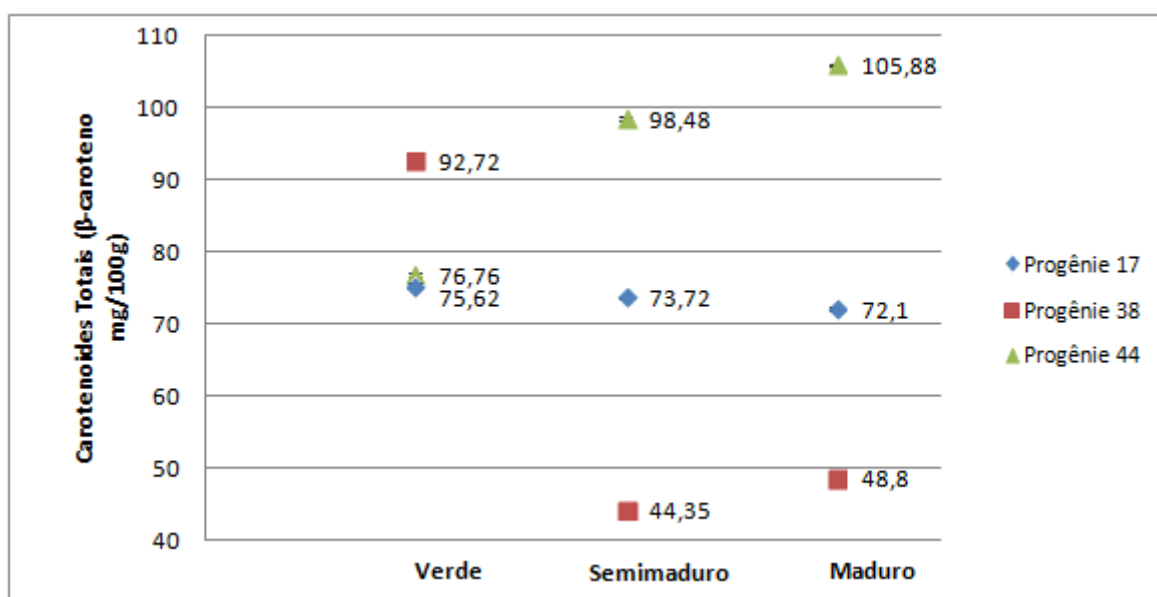
Dados sobre a composição de flavonóis em alimentos são ainda insuficientes tanto à nível mundial, quanto à nível nacional, sendo estes compostos mais comumente analisados

em chás, frutas e hortaliças. A acerola, por exemplo, apresenta teores que variam entre 14 e 50  $\mu\text{g}$  QE/g de parte comestível (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Rutz, Voss e Zambiasi (2012) ao analisarem por Cromatografia de alta eficiência alguns compostos bioativos em amora-preta (*Rubus spp.*) cv. Tupy, em diferentes estágios de maturação, observaram um decréscimo no teor de quercitina e carotenoides totais e aumento dos fenólicos totais durante a maturação.

Na figura 9, verifica-se a relação entre o teor de carotenoides e a maturação, que difere para cada progênie. Na progênie 17 houve uma discreta diminuição ao longo da maturação, sem diferença estatística entre o estágio semimaduro e maduro; na progênie 38 houve uma significativa queda no teor de carotenoides entre o estágio verde e semimaduro, elevando-se no maduro; e na progênie 44 houve elevação com a maturação. O maior teor de carotenoides foi encontrado na progênie 44, no estágio maduro, e o menor foi na progênie 38, no estágio semimaduro.

Figura 9. Teor de carotenoides ( $\beta$ -caroteno mg/100g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênies em função do estágio de maturação, com desvio padrão. (b.s)



Geralmente, com o amadurecimento dos frutos há degradação de clorofila e perda da coloração esverdeada, devido o surgimento de novas cores resultantes da biossíntese de carotenoides e antocianinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005), porém percebe-se que o camu-camu não apresenta este comportamento padrão.

De acordo com Rufino et al (2010), a polpa do camu-camu apresenta teores médios de carotenoides (1,32 mg/100g em base seca) inferiores ao da acerola (5,19 mg/100g em base

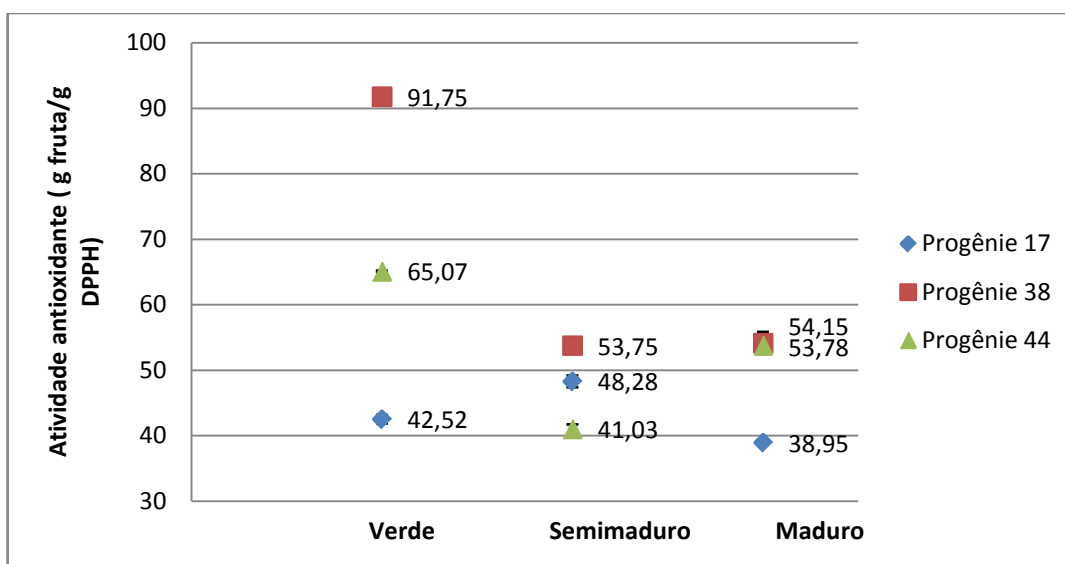
seca), porém superiores ao da jaboticaba (0,76 mg/100g em base seca) e jambolão (1,13 mg/100g em base seca).

#### 5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EPICARPO DO CAMU-CAMU

Em relação à atividade antioxidante baseada no método DPPH, as progêneses 38 e 44 apresentaram o mesmo comportamento ao longo da maturação, com maior atividade antioxidante no estágio semimaduro e menor no verde, visto que quanto menor o  $EC_{50}$ , maior é a atividade antioxidante. Já a progênie 17, apresentou maior atividade antioxidante no estágio maduro e menor no semimaduro. A progênie 38 foi a que apresentou menor atividade antioxidante em todos os estágios de maturação. Não houve diferença estatística significativa entre as progêneses 38 e 44 no estágio maduro (Figura 10).

A maior atividade antioxidante foi encontrada na progênie 17, no estágio maduro (38,95 g fruta/g DPPH) e a menor na progênie 38, no estágio verde (91,75 g fruta/g DPPH).

Figura 10 - Atividade antioxidante pelo método DPPH (g fruta/g DPPH) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progêneses em função do estágio de maturação, com desvio padrão. (b.s).



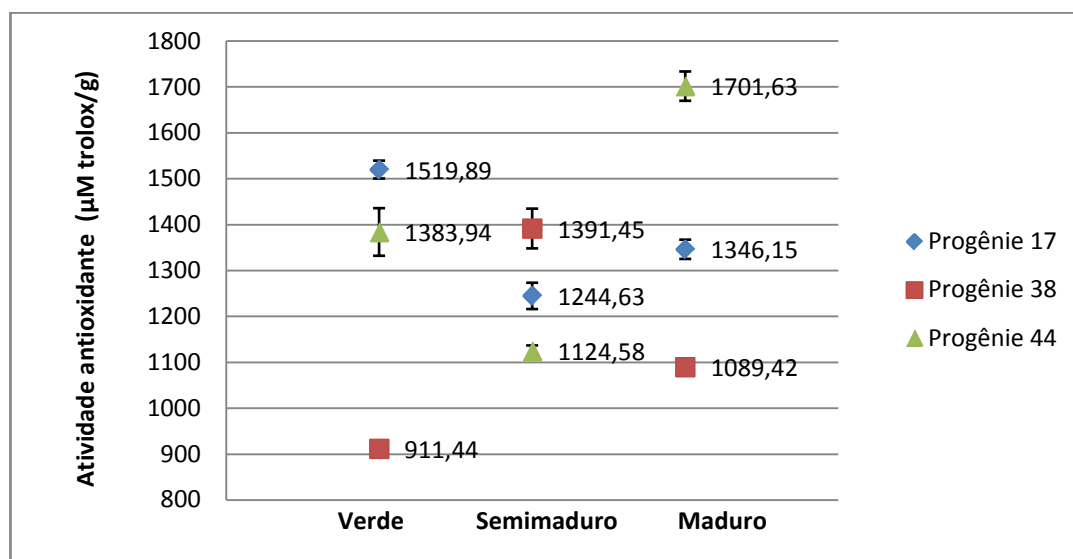
No estudo de Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos e Asquierei (2010) o epicarpo do camu-camu no estágio semimaduro foi o que apresentou maior atividade antioxidante pelo método DPPH.

A atividade antioxidante analisada pelo método ABTS, foi estatisticamente diferente para todas as progêneses e em todos os estágios de maturação (Figura 11). No estágio verde, a

maior atividade antioxidante foi apresentada pela progênie 17 (1519,89  $\mu\text{M}$  trolox/g); no estágio semimaduro, a progênie 38 (1391,45  $\mu\text{M}$  trolox/g), e no maduro a progênie 44 (1701,63  $\mu\text{M}$  trolox/g). A maior atividade antioxidante pelo método ABTS, foi encontrada na progênie 44, no estágio maduro (1701,63  $\mu\text{M}$  trolox/g) e a menor na progênie 38, no estágio verde (911,44  $\mu\text{M}$  trolox/g).

Rufino et al. (2010), ao analisarem 18 frutas tropicais, demonstraram que o camu-camu apresentava maior atividade antioxidante em comparação aos outros frutos analisados, e encontraram o valor de 1237  $\mu\text{M}$  trolox/g (base úmida) de atividade antioxidante no camu-camu (polpa e epicarpo).

Figura 11 - Atividade antioxidante pelo método ABTS ( $\mu\text{M}$  trolox/g) do epicarpo do camu-camu entre diferentes progênies em função do estágio de maturação, com desvio padrão. (b.s).



Apesar dos diferentes resultados apresentados pelos métodos de atividade antioxidante, em ambos a progênie 38 no estágio verde apresentou menor atividade antioxidante. De acordo com Prior, Wu e Schaich (2005), os métodos DPPH e ABTS detectam a capacidade do antioxidante presente na amostra transferir um elétron para reduzir qualquer composto, incluindo metais, carbonilos, e radicais, porém os radicais podem ser neutralizados tanto por redução direta, via transferência de elétrons, ou serem extintos, através da transferência do átomo de hidrogênio, sendo assim, há dificuldade em interpretar padrões e mecanismos de reatividade, principalmente quando existem agentes redutores, tais como o ácido ascórbico.

Para avaliar a intensidade da associação linear entre os compostos bioativos e a capacidade antioxidante no epicarpo do camu-camu, durante a maturação e nas três diferentes progênes, foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson. De acordo com a tabela 13, verifica-se que na progênie 38, nenhum composto bioativo correlacionou-se positivamente de forma significativa com a atividade antioxidante, tanto pelo método do DPPH quanto o ABTS.

A progênie 17, no estágio maduro, foi a que apresentou a maior atividade antioxidante pelo método DPPH, e de acordo com a Correlação de Pearson, o ácido ascórbico, fenólicos totais, antocianinas e flavonóis apresentaram correlação negativa significativa com a atividade antioxidante mensurada pelo DPPH. Porém a associação negativa neste caso representa uma relação diretamente proporcional entre a presença destes compostos bioativos e a atividade antioxidante, pois o resultado da metodologia pelo DPPH é expresso em EC<sub>50</sub>, ou seja, quanto maior a atividade antioxidante, menor o seu valor em EC<sub>50</sub> (Tabela 13).

Tabela 13. Correlação entre os compostos bioativos e atividade antioxidante determinada pelos métodos DPPH e ABTS, no epicarpo do camu-camu, em diferentes progênes, em função da maturação.

Progênes	Compostos bioativos	DPPH	ABTS
		(IC <sub>50</sub> )	( $\mu$ M trolox/g)
		$r^2$	
17	Ácido ascórbico (mg/100g)	-0,99*	0,95*
	Fenólicos Totais (mg AGE/100g)	-0,99*	0,93*
	Antocianinas (cianidina-3-glucosídeo mg/100g)	-0,99*	0,93*
	Flavonóis (mg QE/100g)	-0,99*	0,92*
	Carotenoides ( $\beta$ -caroteno mg/100g)	0,74	-0,71
38	Ácido ascórbico (mg/100g)	0,38	-0,98*
	Fenólicos Totais (mg AGE/100g)	0,58	-0,41
	Antocianinas (cianidina-3-glucosídeo mg/100g)	0,4	-0,99*
	Flavonóis (mg QE/100g)	0,38	-0,99*
	Carotenoides ( $\beta$ -caroteno mg/100g)	0,48	-0,93*
44	Ácido ascórbico (mg/100g)	0,99*	1*
	Fenólicos Totais (mg AGE/100g)	0,5	0,46
	Antocianinas (cianidina-3-glucosídeo mg/100g)	1*	1*
	Flavonóis (mg QE/100g)	-1*	-1*
	Carotenoides ( $\beta$ -caroteno mg/100g)	0,95*	0,95*

Coeficiente de Correlação de Pearson.

Significância:  $p < 0,05$ .

$r^2$ : coeficiente de determinação

\*correlação estaticamente significativa entre o composto bioativo e a atividade antioxidante (ABTS e DPPH). Valores negativos demonstram correlação negativa e valores positivos correlação positiva. Quanto mais próximo do valor 1, maior a associação entre as variáveis compostos bioativos e atividade antioxidante (ABTS e DPPH).

A progênie 44, no estágio maduro, apresentou a maior atividade antioxidante pelo método ABTS, nos quais o ácido ascórbico, antocianinas e carotenoides correlacionaram-se positivamente com a atividade antioxidante deste método (Tabela 13).

As antocianinas e o ácido ascórbico foram os compostos que obtiveram maior correlação com a atividade antioxidante pelo ABTS, enquanto que os flavonóis com o método DPPH. Em estudo de Rufino et al (2010), o ácido ascórbico foi o composto que mais se relacionou com o método ABTS, enquanto que os polifenóis com o DPPH.

A interação entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante *in vitro* é algo complexo, pois engloba vários fatores e substâncias presentes na fruta, suas inter-relações e as diferentes metodologias empregadas para análise. Porém, ainda são poucos os estudos que avaliam a transformação dos compostos bioativos e a capacidade antioxidante durante a maturação de frutas, em especial no camu-camu (*Myrciaria dubia*) e em seu epicarpo.

## 6 CONCLUSÃO

De forma geral, os resultados sugerem que o fator genético indica diferenciações na síntese de diversos compostos durante a maturação de frutos de camucamuzeiro, em especial em seu epicarpo, e tal comportamento foi demonstrado pela maior parte dos caracteres físico-químicos, compostos bioativos e atividade antioxidante. As similaridades foram evidenciadas apenas nos teores de carboidratos, sólidos solúveis, fenólicos totais e antocianinas, com aumento quantitativo em todas as progênes ao longo da maturação.

Em sua maioria, os valores mais elevados de compostos bioativos e atividade antioxidante no epicarpo do camu-camu foram detectados no estágio maduro.

A elucidação da formação dos compostos bioativos em diferentes estádios de maturação, parte do fruto e progênes é importante, pois pode fornecer informações necessárias para que a indústria de fármacos e/ou alimentos funcionais otimize a extração destes compostos, bem como auxiliar produtores de camu-camu na escolha de determinada variedade e estágio de maturação de acordo com o interesse comercial.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANDERSON, L.; DIBBLE, M.; TURKKI, P.; MITCHEL, H.; RYNBERGEN, H. **Satisfazendo as Normas Nutricionais**. In: \_\_\_\_Nutrição. 17 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. cap.11, p.119-123.
- ALMEIDA, M.; SOUSA, P., ARRIAGA, A.; PRADO, G.; MAGALHÃES, C.; MAIA, G.; LEMOS, T. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155–2159, 2011.
- ALVES, R.; FILGUEIRAS, H.; MOURA, C.; ARAUJO, N.; ALMEIDA, A. Camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): A rich natural source of vitamin C. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 46, n. 1, p. 11–13, 2002.
- ANDRADE, Jerusa de Souza. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) cultivada em terra-firme na Amazônia Central Brasileira**. 1991. 177 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, São Paulo. 1991.
- ANDRADE, J.; ARAGÃO, C.; GALEAZZI, M.; FERREIRA, S. Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruits cultivated in the upland of Brazilian Central Amazon. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 370, p. 177-180, 1995.
- ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.D.; PATSALIDES, E.; MCDONALD, S. ROBARDS, K. Methods for testing antioxidant activity. **Analyst**, v. 127, n. 1, p. 183-198, 2002.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 14<sup>a</sup> ed., Arlington, VA, USA, 1984.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Edited by Patricia Cunniff . 16<sup>a</sup> ed., 3 rd, v. 2, cap. 37, 1997.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17<sup>a</sup> ed., Washington, 2002.
- ARTS, I.; HOLLMAN, P. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 1, p. 317–325, 2005.
- ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): Variety and geographic effects. **Food Chemistry**, v. 81, n. 4, p. 495-502, 2003.
- AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, n. 3, p. 385–396, 2004.

BARRETO, Gisela Pizarro de Mattos. **Carotenóides e Compostos bioativos: Relação com Propriedades anti-radical livre e corante em frutas tropicais**. 2008. 165 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, São Paulo. 2008.

BASTOS, D.; ROGERO, M.; AREAS, J. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BENASSI, M. T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. 1990. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Campinas, 1990.

BIALE, J. B. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advances in Food Research**, v. 10, n. 1, p. 293-354, 1960.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRAGA, A.; SILVA, A.; PELAIS, A.; BICHARA, C.; POMPEU, D. Atividade antioxidante e quantificação de compostos bioativos dos frutos de abricó (mameia americana). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.21, n.1, p. 31-36, 2010.

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

BRAVO, L.; ABIA, R.; SAURA-CALIXTO, F. Polyphenols as dietary fiber associated compounds. Comparative study on in vivo and in vitro properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 7, p. 1481–1487, 1994.

BRAVO L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews**., v. 56, n.11, p.317-33, 1998.

BURTON, G. W.; INGOLD, K. U. Beta-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. **Science**, v. 224, n. 4649, p. 569-573, 1984.

CALIRI, G. J. A. **Estudos fenológicos e seleção de matrizes em quatro procedências de camu-camu silvestre (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) da região Amazônica, para uso em sistemas agroflorestais**. 2002. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Pesquisa Nacional da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Manaus, 2002.

CALIXTO, F. S. Concept and Health-Related Properties of Nonextractable Polyphenols: The Missing Dietary Polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 45, p. 11195–11200, 2012.

CALZADA BENZA, J.C. **Frutales nativos**. La Molin, El Estudiante, 1980, 314p.

CANUTO, G. A.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196–1205, 2010.

CAO, G.; PRIOR, R.L. Measurement of oxygen radical absorbance capacity in biological samples. **Methods in Enzimology**, v. 299, n. 1, p. 50-62, 1999.

CAO, J.; ZHANG, Y.; CHEN, W.; ZHAO, X. The relationship between fasting plasma concentrations of selected flavonoids and their ordinary dietary intake. **British Journal of Nutrition**, v. 103, n. 2, p. 249-255, 2010.

CAPECKA, E.; MARECZEK, A.; LEJA, M. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. **Food Chemistry**, London, v. 93, n. 2, p. 223-226, 2005.

CARRATU, E; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanita**, v. 41, n.1, p.7-16, 2005.

CARVALHO, F. S.; NETTO, A. P.; ZACH, P.; SACHS, A.; ZANELLA, M. T. Importância da orientação nutricional e do teor de fibras da dieta no controle glicêmico de pacientes diabéticos tipo 2 sob intervenção educacional intensiva. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 56, n.2, p.110-119, 2012.

CHÁVEZ FLORES, W. B. A importância do camu-camu. **Toda fruta**, v.3, n.27, p.37-7. 1988.

CHAGAS, E.; BACELAR-LIMA, C.; CARVALHO, A.; RIBEIRO, M.; SAKAZAKI, R.; NEVES, L. Propagação do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mcvaugh). **Revista Agro@mbiente**, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2012.

CHANG, C.C.; YANG, M. H.; WEN, H.M., CHERN, JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 10, n. 3, p. 178-182, 2002.

CHEN, Z.; YOUNG, T.; LING, J.; CHANG, S.; GALLIE, D. Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 6, p. 3525–3530. 2003.

CHIRINOS, R., GALARZA, J., BETALLELUZ-PALLARDEL, I., PEDRESCHI, R., CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, v. 120, n. 4, p. 1019–1024, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

COHEN, K.; MONTE, D.; PAES, M.; RIBEIRO, S. Determinação de Compostos Antioxidantes nos frutos de camu-camu. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados**, n. 266, 2010.

CRUZ, C.; RESENDE, M. Mejoramiento genético y taza de autofecundación del Camu Camu arbustivo en la Amazonía Peruana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 450-454, 2008.

DANNER, M. A.; CITADIN, I.; SASSO, S. A. Z.; SACHET, M. R.; AMBRÓSIO, R. Fenologia da floração e frutificação de mirtáceas nativas da floresta com araucária. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.1, p. 291-295, 2010.

DUARTE-ALMEIDA, J.; SANTOS, R.; GENOVESE, M.; LAJOLO, F. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids as anti-oxidants – a review. **Journal of Photochemistry Photobiology B: Biology**, v. 41, n. 3, p. 189-200, 1997.

ENCISO NARAZAS, R. M.; VILLACHICA, H. Producción y manejo de plantas injertadas de camu-camu (*Myrciaria dubia*) en vivero. Instituto Nacional de Investigación Agrária, 20p. **Informe técnico 25**. 1993.

FALCÃO, M.; FERREIRA, S.; CHAVES FLORES, W.; CLEMENT, C. Aspectos fenológicos e ecológicos do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K) Mc Vaugh) na terra firme de Amazônia Central. In: FALCÃO, M.A. ed. Aspectos fenológicos ecológicos e de produtividade de algumas fruteiras cultivadas na Amazônia. Manaus: FUA, 1993. p.57-65.

FERREIRA S.; GENTIL, D. Propagação assexuada do camu-camu (*Myrciaria dubia*) através de enxertias do tipo garfagem. **Acta Amazonica**, v. 27, n. 3, p. 163-168, 1997.

FIORUCCI, A. R. A Importância da Vitamina C na Sociedade Através dos Tempos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.17, maio. 2003.

FLÓREZ, J. **Vitaminas liposolubles e hidrosolubles**. En: FLÓREZ, J.; ARMIJO, J. A.; MEDIAVILLA, A. Farmacología humana. 3rd ed. Barcelona: Editorial Masson, S.A.; 1999. p. 991-1005.

FRANSSON, L. A.; MANI, K. Novel aspects of vitamin C: how important is glypican-1 recycling? **Trends in Molecular Medicine**, v.13, n. 4, p. 143-149, 2007.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968.

GAZIANO, J. M.; HENNEKENS, C. H. The role of beta-carotene in the prevention of cardiovascular disease. **Annals of the New York Academia Science.**, v. 691, n. 1, p. 148–55, 1993.

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid Determination of Polyphenols and Vitamin C in Plant-Derived Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005.

GIOVANNONI, J. J. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, v. 16, n. 1, p. 170-180, 2004.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of *cis*-isomers of provitamin A in Brazilian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 6, p. 1306-1313, 1994.

GONCALVES, A.; LAJOLO, F.; GENOVESE, M. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 8, p. 4666–4667, 2010.

GRIGIO, Maria Luiza. **Caracterização e conservação pós-colheita de camu-camu (*Mirycaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh)**. 2013. 72 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Boa Vista. 2013

GUILLAND, J.C.; LEQUEU, B. **As vitaminas do nutriente ao medicamento**. São Paulo : Santos, 1995. 375p.

GUZMAN, I.; YOUSEF, G.; BROWN, A. Simultaneous Extraction and Quantitation of Carotenoids, Chlorophylls, and Tocopherols in Brassica Vegetables. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 29, p. 7238–7244, 2012.

GUTIERREZ RUIZ, A. **Especies frutales nativas de da selva del Peru: estudio botánico y de propagación por semillas**. 1969, 91 f. Dissertação (Graduação) - Universidade Nacional Agrária La Molina, Molina. 1969.

HANKINSON, S. E.; STAMPFER, M. J.; SEDDON, J. M.; COLDITZ, G. A.; ROSNER, B.; SPEIZER, F. E.; WILLET, W. C. Nutrient intake and cataract extraction in women: a prospective study. **BMJ**, v. 305, n. 6849, p. 335-9, 1992.

HERRMANN, H. On the occurrence of flavonol and flavone glycosides in vegetables. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, v.186, n. 1, p.1-5, 1988.

HODGSON, J.; KROFT, K. Dietary flavonoids: Effects on endothelial function and blood pressure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 15, p. 2492–2498, 2006.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.19, n.1, p. 97-108, 2008.

IMÁN, C.S. **Cultivo de camu-camu *Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh en la región de Loreto**. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2001. 65p

INOUE, T., KOMODA, H., UCHIDA, T., NODE, K. Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. **Journal of Cardiology**, v. 52, n. 2, p. 127–132, 2008.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for vitamins**. Washington (DC): National Academy Press; 2004.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA (IIAP). **Sistema de producción de Camu Camu en Restinga**, 2001.

JADHAV, S.J.; NIMBALKAR, S.S.; KULKARNI, A.D.; MADHAVI, D.L.; RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. In: MADHAVI D.L.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D.K. **Food Antioxidants: Technological, Toxicological, and Health Perspectives**. Marcel Dekker Inc.: New York, 1996, 490 p.

JACKSON, T.S.; XU, A.; VITA, J.A.; KEANEY, J. F. Ascorbate prevents the interaction of superoxide and nitric oxide only at very high physiological concentrations. **Circulation Research**, v.83, n. 9, p. 916–22, 1998,

JUSTI, K. C., VISENTAINER, J. V., SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu–camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **Archivos Latino americanos de Nutricion**, v. 50, n. 4, p. 405–408, 2000.

JOHN, J. A.; SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). **Journal of Functional Foods**, v. 2, n. 3, p. 196–209, 2010.

JULKUNEN-TIITTO, R. Phenolic constituents in the leaves of Northern Willows: methods for the analysis of certain phenolics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 33, n. 2, p. 213-217, 1985.

KAHKOMEN, M. P. et al.. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 10, p. 3954-3962, 1999.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: AVI, 1997. 532p.

KELSAY, J. L. A review of research on effect of fiber intake on man. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 31, p. 142-159, 1978.

KRINSKY, N.I. Carotenoids as antioxidants. **Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 815-817, 2001.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 66, n. 5, p. 1003-1010, 1994.

KÜHNAU, J. The flavonoids: a class of semi-essential food components: their role in human nutrition. **World Review of Nutrition and Dietetics** , v. 24, n. 1, p. 117-191, 1976.

KULKARNI, A. P.; ARADHYA, S. M. e DIVAKAR, S. Isolation and identification of a radical scavenging antioxidant punicalagin from pith and carpellary membrane of pomegranate fruit. **Food Chemistry**, n. 87, n. 4, p. 551–557. 2004

LAJOLO, F. M. ; HORST, M. A. **Biodisponibilidade de compostos bioativos em alimentos**. In: Silvia Maria Franciscato Cozzolino. (Org. ). Biodisponibilidade de nutrientes. 3 ed. São Paulo: Ed. Manole, 2009, v. 1, p. 772-807.

LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, Stanford, v.7, n. 1, p.83-84, 1972.

LEHNINGER, A. L. **Vitaminas y coenzimas**. En: Lehninger AL, editor. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. 2nd ed. Barcelona: Ediciones Omega, S.A.; 1995. p. 341-70.

LESLIE, T. **Herbal secrets of the rainforest**. Prima Publishing, Austin. 1998

LIMA, V.; MÉLO, E.; MACIEL, M.; SILVA, G.; LIMA, D. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata L.*). **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense Cambi*)**. 2008. 219 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, São Paulo, 2008.

MAEDA, R.N.; PANTOJA,L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR,J.M. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 27, v. 2, p. 313-316, 2007

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p.727-47, 2004.

MANACH, C.; MAZUR, A.; SCALBERT, A. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. **Current Opinion in Lipidology**, v. 16, n. 1, p. 77–84, 2005.

MARCO, G.J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 45, n. 9, p. 594-598, 1968.

MASUDA, T.; INAI, M.; MIURA, Y.; MASUDA, A.; YAMAUCHI, S. Effect of Polyphenols on Oxymyoglobin Oxidation: Prooxidant Activity of Polyphenols in Vitro and Inhibition by Amino Acids. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 61, n. 5, p.1097-104, 2013

MATTA, V. M.; MORETTI, R. H.; CABRAL, L. M. C. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 477-482, 2004.

MATTIETTO, R. de A.; CARVALHO, A. V.; MATTA, V. M.; RIBEIRO, S. T. **Avaliação dos teores de ácido ascórbico em progênies de camu-camu coletados em diferentes estádios de maturação**. In: SIMPÓSIO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2.; CONGRESSO DO INSTITUTO NACIONAL DE FRUTOS TROPICAIS,1., 2010,

Aracaju. Avanços em tecnologia de alimentos: anais. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2010.

MAUES, M. M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica.**, v. 25, n. 4, p. 441-448, 2002.

MAZZA, G. Anthocyanins in grapes and grape products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 35, n. 4, p.341-371, 1995.

MEDA, A.; LAMIEN, C.E.; ROMITO, M.; MILLOGO, J.; NACOULMA, O.G. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkin Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v. 91, n. 3, p. 571-577, 2005.

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

MENDES, A. R. **Implementação e validação de uma metodologia para análise de fibra alimentar**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Coimbra, Departamento de Química, Coimbra, 2011.

MENDOZA, O.; PICÓN, C.; GONZÁLES T., J.; CÁRDANAS M.,R.; PADILLA T.; C.; MEDIÁVILLA G., M.; LLERAS, E.; Delgado de la F., F. 1989. Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu-camu (*Myrciaria dubia*) en la amazonía peruana. **Informe Técnico nº 11**. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 19pp

MILLER, H.E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal of American Oil Chemists**, v. 48, n. 2, p. 91, 1971.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MORAIS, H.; ABRAM, A.; FERREIRA, F. Carotenoids Biosynthesis – a review. **Revista Lusófona de Humanidades e Tecnologias**, v. 7, n. 10, p. 22-42, 2006.

MOURE, A. CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NUNEZ, M. J.; PARAJO, J. C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

MYODA, T.; FUJIMURA, S.; PARK, B.; NAGASHIMA, T.; NAKAGAWA, T.; NISHIZAWA, M. Antioxidative and antimicrobial potential of residues of camu-camu juice production. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 8, p. 304–307, 2010.

NASCIMENTO, W.; CARVALHO, J. **A cultura do camu-camu**. Embrapa Amazônia Oriental. – Brasília, DF : Embrapa, 2012. 84 p.: il. (Coleção Plantar, 71).

NEVES, L. C. (Org). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. 1ª ed. p. 494. Londrina: EDUEL, 2009.



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

OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n. 10, p.4619-4626, 2001.

PADH, H. Vitamin C: never insights into its biochemical functions. **Nutrition Reviews**, v.49, n. 3, p.65-70, 1991.

PANTÁSTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975.

PELEG, H.; NAIM, M.; ROUSEFF, R.L.; ZEHAVI, U. Distribution of bound and free phenolic acid in oranges (*Citrus sinensis*) and grapefruits (*Citrus paradise*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.57, n. 3, p.417-426, 1991.

PERES, L. E. P. **METABOLISMO SECUNDÁRIO DE PLANTAS**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba, São Paulo – 2008. Disponível em <<http://www.ufpel.edu.br/biotecnologia/gbiotec/site/content/paginadoprofessor/uploadsprofessor/ce5449dfcf0e02f741a5af86c3c5ae9a.pdf?PHPSESSID=e32d8df36f08f86ef80010a253f33762>>. Acesso em 20 mar. 2013.

PETERS, C.M.; VÁSQUEZ, A. Estudios ecológicos de camucamu (*Myrciaria dubia*), producción de frutos em poblaciones naturales. **Acta Amazonica**, v. 16/17, n. 1, p. 161-174, 1986/ 1987.

PEUCKERT, Y.; VIERA, V.; HECKTHEUER, L.; MARQUES, M.; ROSA, C. Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 149-154, 2010.

PICÓN, C.; DELGADO, F.; PADILHA, C. **Descritores de camu camu**. Lima: INIA, Nacional de Cultivos Tropicales. (INIA. Informe Técnico, 8). p. 55, 1987.

POLLONIO, M. A. R. Alimentos funcionais: as recentes tendências e os envolvidos no consumo. **Higiene Alimentar**, v. 14, n. 74, p. 26-31, 2000.

PORTER, L.W. *Tannins*. In: HARBORNE, J.B. **Methods in plant biochemistry**. I: plant phenolics. London: Academic Press, p.389-419, 1989.

PRIOR, R.; HOANG, H.; GU, L.; WU, X.; BACCHIOCCA, M.; HOWARD L.; HAMPSCH-WOODILL, M.; HUANG, D.; OU, B.; JACOB. R. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC<sub>FL</sub>)) of plasma and other biological and food samples. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, n. 11, p. 3273-3279, 2003.

PRIOR, R.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, n. 10, p. 4290-4302, 2005.

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

QUIDEAU, S.; DEFFIEUX, D.; DOUAT-CASASSUS, C.; POUYSGU, L. Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. **Angewandte Chemie (International ed. in English)**, v. 50, n. 3, p. 586 – 621, 2011.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9, p 1231-1237, 1999.

REYNERTSON, K.A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M.J.; KENNELLY, M.E.J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v.109, n. 4, p. 883-890, 2008.

RIBEIRO, E.; SERAVALLI, E. **Química de alimentos**. Instituto Mauá de Tecnologia. Editora Edgard Blucher Ltda, 1ª edição, São Paulo, p. 155-157, 2004.

RIBEIRO, O. D.; NASCIMENTO, W. M. O.; RODRIGUES JÚNIOR, O. M.; PANTOJA, J. S. **Caracterização física de fruto de matrizes estabelecidas no BAG camucamuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA, 16., 2012, Belém, PA. Anais...Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

RIBEIRO, P. F. A. **Compostos Bioativos de camu-camu (*Myrciaria dubia*) em função do ambiente de cultivo e do estágio de maturação**. 2012. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2012.

RIBEIRO, S. I.; MOTA, M. G.; CORRÊA, M. L. P. Banco Ativo de Germoplasma de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* H. B. K) Mc Vaugh na Amazônia Oriental. 2001. *Comunicação Embrapa Amazônia Oriental CPATU*.

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

RIVA RUIZ, R. **Tecnología de producción agronómica del camu-camu**. In: CURSO SOBRE MANEJO E INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS FRUTALES NATIVOS EM LA AMAZONIA PERUANA, Pucallpa: INIA, 1994, p.13-18.

ROCA, N. A. **Estudio químico-bromatológico de la *Myrciaria paraensis* Berg**. 1965. 51f. Tese (Doutorado) - Facultad de Química, Univers. Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 1965.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 64p., 1999.

RODRIGUES R. B. **Aplicação dos processos de separação por membranas para produção de suco de camu camu (*Myrciaria dubia*)**. 2002. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2002.

RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S. A. FAINE, L. A.; ALMEIDA, J. A. FERNANDES, A. A.H.; NOVELLI, E. L. B. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 3, p. 315-320, 2003.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, J. M.; MOREIRA, A. V. B. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas no Sistema  $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico. Embrapa Agroindustrial Tropical: **Comunicado Técnico 126**. Fortaleza – CE. p. 4, 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS<sup>•+</sup>. Embrapa Agroindustrial Tropical: **Comunicado Técnico 128**. Fortaleza - CE. 4p., 2007a.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Embrapa Agroindustrial Tropical: **Comunicado Técnico 127**. Fortaleza – CE. p. 4, 2007b.

RUFINO, M.; ALVES, R.; BRITO, E.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 1, p. 996–1002, 2010.

RUTZ, J. K.; VOSS, G. B.; ZAMBIAZI, R. C. Influence of the Degree of Maturation on the Bioactive Compounds in Blackberry (*Rubus* spp.) cv. Tupy. **Food and Nutrition Sciences**, v. 3, n. 10, p. 1453-1460, 2012

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. Principales métodos para La determinación de la oxidación lipídica. **Food Science and Technology International**, v. 4, n. 6, p. 391-399, 1998.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, n. 2, p. 270-276, 1998.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v. 8, n. 3p. 121-137, 2002.

SANTOS, L.; PIACENTE, S.; MONTORO, P.; PIZZA, C.; VILEGAS, W. Atividade antioxidante de xantonas isoladas de espécies de *Leiothrix* (Eriocaulaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, n. 2, p.67-74, 2003.

SCALBERT, A.; MANACH, C.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 4, p. 287–306, 2005.

SCHERER, R.; GODOY, H. T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. **Food Chemistry**, 112, n. 3, p. 654–65, 2009.

SKIBSTED, L. H. Carotenoids in Antioxidant Networks. Colorants or Radical Scavengers. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 60, n. 10, p. 2409–2417, 2012.

SILVA, M. L. **Avaliação da produção de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) por meio de estacas de diferentes diâmetros submetidos a concentrações do ácido naftaleno acético – ANA**. 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 2001.

SILVA, E.; SILVA, E.; SOUZA, J.; ROGEZ, H.; REES, J.; LARONDELLE, Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**, v. 101, n. 3, p. 1012-1018, 2007.

SILVA, F.; BORGES, M.; FERREIRA, M. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, Vanuza Xavier. **Determinação do ponto de colheita do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) MC Vaugh J por meio de atributo de qualidade e funcionais**. 2012, 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Boa Vista, 2012.

SINGLETON V. L. ; ORTHOFER R. ; LAMUELA-RAVENTOS R. M. Analysis of Total Phenols and other Oxidation Substrates and Antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. **Methods in enzymology.**, v. 299, n. 1, p. 152-178, 1999.

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

SIQUEIRA, F. M.; OETTERER, M.; REGINATO-D'ARCE, M. B. Nutrientes antioxidantes. **Boletim SBCTA**, v. 31, n. 2, p. 192-199, 1997

SMIRNOFF, N.; WHEELER, G. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v. 35, n. 4, p. 291-314, 2000.

SOUZA, R.; SMIDERLE, O. Teor de vitamina C e características físicas do camu-camu em dois estádios de maturação. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 2, n. 2, p. 61-63, 2008.

SPEIRS, J.; BRADY, C. J. Modification of gene expression in ripening fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 55, p. 519-532, 1991.

SYMPOSIUM INTRODUCTION. Polyphenols and Health: Current State and Progress. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 60, n. 36, p. 8773–8775, 2012.

TANKSLEY, S.D. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. **The Plant Cell**, v.16, n. 1, p.181-189, 2004.

TANG, G. W. Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. **American Journal Of Clinical Nutrition**, v. 91, n.5, p.1468S-1473S, 2010.

TEIXEIRA, Aylton Saturnino; CHAVES, Lena da Silva; YUYAMA, Kaoru. Esterases no exame da estrutura populacional de Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh-Myrtaceae). **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 75-88, 2004.

USDA, **Nutrient Data Laboratory** (2004) USDA Database for the Proanthocyanidin Content of Selected Foods, 2004. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>>. Acesso em 08 jan. 2013.

URZICA, E.I.; ADLER, L. N.; PAGE, M. D.; LINSTER, C. L.; ARBING, M. A.; CASERO, D.; PELLEGRINI, M.; MERCHANT, S. S.; CLARKE, S. G. Impact of oxidative stress on ascorbate biosynthesis in *Chlamydomonas* via regulation of the VTC2 gene encoding a GDP-L-galactose phosphorylase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 287, n. 17, p. 14234-45, 2012.

VAN DEN BERG, R.; HAENEN, G.; VAN DEN BERG, H.; VAN DER VIJGH, W.; BAST, A. The predictive value of the antioxidant capacity of structurally related flavonoids using the trolox equivalent antioxidant capacity (ABTS) assay. **Food Chemistry**, v. 70, n. 3, p. 391-395, 1999.

VAN DUYNHOVEN, J.; VAUGHANA, E.; JACOBSA, D.; KEMPERMA, R.; VAN VELZENA, E.; GROSS, G.; ROGER, R.; POSSEMIERSD, S.; SMILDE, A.; DORÉ, J.; WESTERHUIS, J.; WIELE, T. Metabolic fate of polyphenols in the human superorganism. **PNAS**, v. 108, n 1, p. 4531–4538, 2011.

VAN POPPEL, G.; GOLDBOHM, G. Epidemiologic evidence for beta-carotene and cancer prevention. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1393S–402S, 1995.

VERSHININ, A. Biological functions of carotenoids – diversity and evolution. **BioFactors**, v. 10, n. 2-3, p. 99–104, 1999.

VILLANUEVA-TIBURCIO, J. E.; CONDEZO-HOYOS, L. A.; ASQUIERI, E. R. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 151-160, 2010.

VILLACHICA, H. **El cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) em la Amazonia Peruana**. Tratado de cooperación Amazônica, Lima, Peru, 95p. 1996.

VISENTAINER, J. V.; VIEIRA, O. A.; MATSUSHITA M.; DE SOUZA, N. E. Physico-chemical characterization of acerola (*Malpighia glabra* L.) produced in Maringá, Paraná State, Brazil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 47, n. 1, p. 70-72, 1997.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, v. 19, n. 1, p. 20-21, 1984.

WHEELER, G.; JONES, M.; SMIRNOFF, N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, v. 393, n. 6683, p. 365–369, 1998.

WINK, M. **Phytochemical diversity of secondary metabolites**. Encyclopedia of plant and Crop Science, New York, p. 915-919, 2004.

WHO, **World Health Organization**. Guidelines on food fortification with micronutrients. 2006. Em: <[http://www.who.int/nutrition/publications/guide\\_food\\_fortification\\_micronutrients.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/guide_food_fortification_micronutrients.pdf)>. Acesso em: 16 mar. 2013.

WU, T.; McCALLUM, J.; WANG, S.; LIU, R.; ZHU, H.; TSAO, R. Evaluation of antioxidant activities and chemical characterisation of staghorn sumac fruit (*Rhus hirta* L.). **Food chemistry**, v. 138, n. 2-3, p. 1333–1340, 2013.

YAZAWA, K.; SUGA, K.; HONMA, A.; SHIROSAKI, M.; KOYAMA, T. Anti-inflammatory effects of seeds of the tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 57, n. 1, p. 104–107, 2011.

YOUNG, A. J.; LOWE, G. M. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 385, n. 1, p. 20-27, 2001.

YUYAMA, K. A cultura de camu-camu no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 335-690, 2011.

YUYAMA, K.; AGUIAR, J.; YUYAMA, L. O. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. **Acta Amazonica**, v. 32, n. 1, p. 169-174, 2002.

YUYAMA, K. **Domesticação de germoplasma de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) para uso em agroindústria na Amazônia**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Programa PPG7 Ciência e Tecnologia, EMBRAPA. p. 149-154, 2003.

YUYAMA, K.; SIQUEIRA, J. Efeitos do tamanho da semente e do recipiente no crescimento de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Acta Amazonica**, v. 29, n. 4, p. 647-650, 1999.

YUYAMA, L.; AGUIAR, J.; YUYAMA, K.; LOPES, T.; FÁVARO, D.; BERGL P.; VASCONCELOS, M. Teores de elementos minerais em populações de camu-camu. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 4, p. 549-554, 2003.

ZAMUDIO, L. H. B. **Caracterização de vitamina C em frutos de Camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K) em diferentes estágios de maturação do Banco Ativo de Germoplasma de Embrapa**. 2007. 104 f. Dissertação (Especialização) – Universidade de Brasília, Faculdade de Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana, Brasília. 2007.

ZANATTA, C. F., MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, v. 10, n. 4, p. 1526–1532, 2007.

ZANATTA, C.F; CUEVAS, E; BOBBIO, F.O; WINTERHALTER, P; MERCADANTE, A.Z. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, .n. 24, p. 9531-9535, 2005

ZAPATA, S.; DUFOUR, J. Camu-Camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh: Chemical composition of fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, n. 3, p. 349–351, 1993.

Tabela A.1 - Teor de ácido ascórbico (g/100g) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênies e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	17,80 ± 0,15 <sup>aA</sup>	15,37 ± 0,06 <sup>bB</sup>	15,52 ± 0,35 <sup>bC</sup>
38	16,09 ± 0,05 <sup>bC</sup>	13,73 ± 0,07 <sup>cC</sup>	19,06 ± 0,42 <sup>aB</sup>
44	16,75 ± 0,63 <sup>cB</sup>	17,06 ± 0,09 <sup>bA</sup>	24,02 ± 0,18 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênies no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela A.2 - Teor de fenólicos totais (mg AGE/100g) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênies e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	1042,63 ± 17,16 <sup>cB</sup>	1213,02 ± 51,72 <sup>bB</sup>	3299,97 ± 181,55 <sup>aA</sup>
38	1220,71 ± 0,31 <sup>bA</sup>	1576,52 ± 241,17 <sup>abA</sup>	1692,93 ± 179,88 <sup>aB</sup>
44	544,83 ± 104,22 <sup>bC</sup>	797,6 ± 179,98 <sup>aC</sup>	881,46 ± 88,68 <sup>aC</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênies no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. AGE: ácido gálico equivalente.

Tabela A.3 - Teor de antocianinas expresso em função da cianidina-3-glucosídeo (mg/100g) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênies e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	ND	35,34 ± 0,01 <sup>bA</sup>	145,32 ± 0,16 <sup>aB</sup>
38	ND	21,58 ± 0,01 <sup>bC</sup>	146,88 ± 0,16 <sup>aB</sup>
44	ND	25,24 ± 0,02 <sup>bB</sup>	165,91 ± 0,39 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênies no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) pelo Teste de Tukey. ND: não determinado.



Tabela A.4 - Teor de flavonóis (mg QE/100 g) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	343,63 ± 8,95 <sup>aA</sup>	184,27 ± 6,7 <sup>cB</sup>	242,02 ± 3,14 <sup>bA</sup>
38	184,93 ± 3,27 <sup>aC</sup>	166,64 ± 3,3 <sup>bC</sup>	138,21 ± 1,23 <sup>cC</sup>
44	216,4 ± 0,51 <sup>aB</sup>	228,66 ± 4,65 <sup>aA</sup>	142,15 ± 7,24 <sup>bB</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênes no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. EC: coeficiente de inibição. QE: quercitina equivalente.

Tabela A.5 - Teor de carotenoides expresso em função do  $\beta$ -caroteno (mg/100g) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	75,62 ± 0,42 <sup>aB</sup>	73,72 ± 0,08 <sup>bB</sup>	72,1 ± 0,19 <sup>bB</sup>
38	92,72 ± 0,09 <sup>aA</sup>	44,35 ± 0,18 <sup>cC</sup>	48,8 ± 0,07 <sup>bC</sup>
44	76,76 ± 0,24 <sup>bB</sup>	98,48 ± 0,23 <sup>cA</sup>	105,88 ± 0,25 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênes no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela A.6 - Atividade antioxidante pelo método DPPH através do EC<sub>50</sub> (g fruta/g DPPH) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênes e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	42,52 ± 1,52 <sup>bA</sup>	48,28 ± 1,86 <sup>cB</sup>	38,95 ± 0,70 <sup>aA</sup>
38	91,75 ± 1,01 <sup>cC</sup>	53,35 ± 0,34 <sup>aC</sup>	54,15 ± 3,11 <sup>bB</sup>
44	65,07 ± 0,18 <sup>cB</sup>	41,03 ± 1,66 <sup>aA</sup>	53,78 ± 0,16 <sup>bB</sup>

Resultados expressos como média ± desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênes no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. EC: coeficiente de inibição.

Tabela A.7 - Atividade antioxidante pelo método ABTS ( $\mu\text{M}$  trolox/g) no epicarpo do camu-camu de diferentes progênies e em três estádios de maturação (b.s).

Progênie	Estádio de Maturação		
	Verde	Semimaduro	Maduro
17	1519,89 $\pm$ 19,49 <sup>aA</sup>	1244,63 $\pm$ 28,66 <sup>bB</sup>	1346,15 $\pm$ 20,98 <sup>bB</sup>
38	911,44 $\pm$ 14,65 <sup>cC</sup>	1391,45 $\pm$ 43,40 <sup>aA</sup>	1089,42 $\pm$ 9,38 <sup>bC</sup>
44	1383,94 $\pm$ 51,87 <sup>bB</sup>	1124,68 $\pm$ 12,12 <sup>cC</sup>	1701,63 $\pm$ 31,96 <sup>aA</sup>

Resultados expressos como média  $\pm$  desvio padrão (triplicata). Comparações entre frutos em diferentes estádios de maturação são representados por letras minúsculas. Comparações entre frutos de diferentes progênies no mesmo estágio de maturação são representados por letras maiúsculas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. EC: coeficiente de inibição.