



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José do Rio Preto

LARA BORGHI VIRGOLIN

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE POLPAS DE FRUTAS DO  
BIOMA AMAZÔNIA**

São José do Rio Preto

2015

Lara Borghi Virgolin

## **Caracterização Físico-Química de Polpas de Frutas do Bioma Amazônia**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre junto ao Programa Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natália Soares Janzantti

São José do Rio Preto

2015

Virgolin, Lara Borghi.

Caracterização físico-química de polpas de frutas do Bioma  
Amazônia / Lara Borghi Virgolin. -- São José do Rio Preto, 2015  
58 f. : il., tabs.

Orientador: Natália Soares Janzanti

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de  
Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Polpa de frutas. 3. Frutas -  
Composição. 4. Ecossistemas - Amazônia. 5. Compostos bioativos.  
6. Antioxidantes. I. Janzanti, Natália Soares. II. Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e  
Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 664.85

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE  
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Lara Borghi Virgolin

## **Caracterização Físico-Química de Polpas de Frutas do Bioma Amazônia**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre junto ao Programa Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

### **BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Natália Soares Janzantti  
UNESP – São José do Rio Preto, SP  
Orientadora

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Carolina Conti e Silva  
UNESP – São José do Rio Preto, SP

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Teresa Cristina Bolzan Quaioti  
Departamento Municipal de Saúde de Itajobi, SP

São José do Rio Preto, 24 de Abril de 2015.

*A Deus,  
À minha Família e  
À minha orientadora Natália  
pelo apoio incondicional,  
DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça da vida, por me permitir, capacitar, iluminar e guiar nesta conquista;

À minha família, Sueli, José Carlos, Cinthia, Waldemar, Palmira, Rose e Marcos, que sempre me apoiaram, estimularam, deram carinho e conforto para a conclusão do Mestrado;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natália Soares Janzantti, por aceitar ser minha orientadora, e por, com muita paciência, dedicação, amizade, confiança e *e-mails* enviados e respondidos ajudar-me no desenvolvimento desta pesquisa;

Às professoras Ellen Silva Lago Vanzela e Ana Carolina Conti e Silva por terem aceitado fazer parte da banca de qualificação, apresentando, sempre, ótimas sugestões para a melhoria desta pesquisa;

À professora Teresa Cristina Bolzan Quaioti por ser uma das responsáveis pelo início do sonho do Mestrado e por aceitar fazer parte da banca de defesa;

Às minhas amigas (mais do que amigas, “parte da família”) Katieli Todisco, Natália Maluf e Yara Nishiyama, ao “Clube da Luluzinha” composto por Denise Pinheiro, Talita Milani, Liara Dias, Michele Menis, Mariana Garcia, Larissa Volpini, Patrícia Borges, Julaísa Scarpin e Tatiane Silva e às meninas do Laboratório de Medidas Físicas (Larissa Zuanon, Kivia Albano, Mirian e Carol Aranha) (que foram minha “luz VIS” no fim do túnel), por estarem sempre presentes fazendo dos momentos no laboratório os melhores possíveis e por serem as melhores amigas nestes anos de Mestrado e de Doutorado, que está por vir;

A Fernanda Seixas, por trazer, da Amazônia Brasileira, as polpas das frutas analisadas por esta pesquisa e por ser sempre uma pessoa a nos fazer rir;

À técnica de laboratório Alana Lisbôa por auxiliar nas análises e nas discussões sobre o fundamento das mesmas;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de mestrado concedida, e

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e conquista.

## RESUMO

O Bioma Amazônia apresenta frutas com características sensoriais únicas e elevada concentração de nutrientes. Entretanto, algumas espécies frutíferas por não constituírem uma cultura comercialmente estabelecida, uma vez que são decorrentes, quase que em sua totalidade, de atividade extrativista, prevalecem à escassez ou mesmo a ausência de dados técnico-científicos. Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar físico-quimicamente a polpa das frutas de abiu, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo procedentes do Bioma Amazônia, em diferentes safras. As polpas foram avaliadas quanto aos teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, açúcares (reduzidos e totais) e pH. Também foram avaliados os teores de ácido ascórbico, antocianinas, flavonóides amarelos, carotenóides totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (pela captura do radical livre pelos métodos ABTS<sup>·+</sup> e DPPH<sup>·</sup>, e pela redução do ferro pelo método FRAP). Os resultados dos parâmetros físico-químicos das polpas das frutas nas diferentes safras foram submetidos ao teste T de *Student*, análise de variância seguida de teste de *Tukey*, bem como análise de correlação e análise de componentes principais empregando-se o software Statistica 7.0. Houve diferenças para os parâmetros físico-químicos das polpas de frutas avaliadas nas diferentes safras. A polpa de achachairu apresentou elevado conteúdo de compostos fenólicos totais com significativa atividade antioxidante, enquanto a polpa de araçá-boi apresentou os maiores teores de carotenóides e a polpa de mangostão amarelo, de flavonóides amarelos. A atividade antioxidante total, mensurada por três diferentes metodologias (ABTS<sup>·+</sup>, DPPH<sup>·</sup> e FRAP), apresentou correlação com os teores de compostos fenólicos totais, demonstrando que estes são os contribuintes mais importantes para a atividade antioxidante da polpa das frutas analisadas nesta pesquisa. Esses resultados auxiliarão os pequenos produtores rurais da região amazônica brasileira a inserirem seus produtos em mercados que exigem qualidade assegurada, pois fornece informações que permitirão o desenvolvimento de novos produtos com elevada concentração de nutrientes e valor agregado.

**Palavras-chave:** Bioma Amazônia. *Pouteria caimito*. *Garcinia humilis*. *Eugenia stipitata*. *Averrhoa bilimbi*. *Garcinia xanthochymus*. Compostos Bioativos. Atividade Antioxidante.

## ABSTRACT

The Amazon biome has fruit with unique sensory characteristics and high concentration of nutrients. However, despite their nutritional and economic potential, these fruits lack an established commercialized market base. These fruits have yet to be marketed properly because they are almost always picked from the wild. An additional consequence is that technical and scientific data on them is scarce or often non-existent. In light of these factors, the aim of this study was to evaluate the physical-chemical composition of pulp from the abiu, achachairú, araza, bilimbi, and yellow mangosteen fruits from the Brazilian Amazon Biome in different harvests. The fruit pulps were evaluated in terms of their total soluble solid content, titratable acidity levels, total and reducing sugars and pH. Ascorbic acid content, total anthocyanin content, yellow flavonoid content, total carotenoid content, total phenolic compounds and total antioxidant activity (capturing the ABTS<sup>+</sup> free radical, as well as by capturing the DPPH free radical, and through the measurement of iron reducing activity via the FRAP assay) of the fruit pulps were also determined. The results of physico-chemical parameters of the pulp fruits in different harvests were analyzed by the T Student test, variance analysis followed by Tukey test, correlation analysis and principal components analysis using the Statistica 7.0 software. There were differences in the physico-chemical parameters of fruit pulp evaluated in different harvests. The achachairú pulp had the highest quantity of total phenolic compounds and for the most significant antioxidant activity; this study also found that the araza pulp had the highest carotenoid content and that the yellow mangosteen pulp had the highest yellow flavonoid content. In this study, the ABTS<sup>+</sup>, DPPH, and FRAP methods revealed a positive correlation between total phenolic compound content and antioxidant activity. It is important to note that these results will help the small-scale rural farmers in the Brazilian Amazon region to get their fruit to the markets that require high-quality products, and will also provide information that can contribute to the development of new products with higher concentrations of nutrients and, therefore, of greater value.

**Keywords:** Brazilian Amazon. *Pouteria caimito*. *Garcinia humilis*. *Eugenia stipitata*. *Averrhoa bilimbi*. *Garcinia xanthochymus*. Bioactive Compounds. Antioxidant Activity.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Biomas brasileiros .....	20
<b>Figura 2:</b> Abiu ( <i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.).....	24
<b>Figura 3:</b> Achachairu ( <i>Garcinia humilis</i> (Vhal) C. D. Adam). .....	25
<b>Figura 4:</b> Araçá-Boi ( <i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh)......	26
<b>Figura 5:</b> Biri-Biri ( <i>Averrhoa bilimbi</i> L.).....	27
<b>Figura 6:</b> Mangostão-Amarelo ( <i>Garcinia xanthochymus</i> Hook. F. ex T. Anderson) .....	29
<b>Figura 7:</b> Comportamento dos parâmetros físico-químicos das polpas das frutas do Bioma Amazônia em diferentes safras. a) sólidos solúveis totais, b) açúcares redutores, c) açúcares totais, d) acidez total titulável e e) pH. safra 1 ●, safra 2 ●, safra 3 ● e safra 4 ● .....	38
<b>Figura 8:</b> Comportamento dos parâmetros de compostos bioativos, das polpas das frutas do Bioma Amazônia em diferentes safras. a) ácido ascórbico, b) flavonoides amarelos, c) carotenoides totais, d) compostos fenólicos totais. safra 1 ●, safra 2 ●, safra 3 ● e safra 4 ● .....	42
<b>Figura 9:</b> Comportamento da atividade antioxidante total das polpas das frutas do Bioma Amazônia em diferentes safras. a) ABTS, b) DPPH e c) FRAP. safra 1 ●, safra 2 ●, safra 3 ● e safra 4 ● .....	46
<b>Figura 10:</b> Análise dos componentes principais utilizando os parâmetros físico-químicos, de compostos bioativos e atividade antioxidante total das polpas de frutas do Bioma Amazônia: projeção das variáveis (A) e gráfico das amostras (B). AA: Ácido Ascórbico; Atividade Antioxidante Total: ABTS, DPPH e FRAP; AçR: Açúcares Redutores; AçT: Açúcares Totais; ATT: Acidez Total Titulável; CFT: Compostos Fenólicos Totais; CT: Carotenoides Totais; FA: Flavonoides Amarelos; SST: Sólidos Solúveis Totais .....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Compostos bioativos e atividade antioxidante total em frutas nativas do Bioma Amazônia.....	22
<b>Tabela 2:</b> Nome popular, nome científico, família, parte comestível (analisada), e não comestível das frutas nativas e cultivadas no Bioma Amazônia.....	30
<b>Tabela 3:</b> Características físico-químicas das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi e mangostão-amarelo nas diferentes safras .....	37
<b>Tabela 4:</b> Compostos bioativos das polpas das frutas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi e mangostão-amarelo nas diferentes safras .....	41
<b>Tabela 5:</b> Atividade antioxidante total das polpas das frutas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi e mangostão-amarelo nas diferentes safras .....	45
<b>Tabela 6:</b> Coeficientes de correlação entre os teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, flavonoides amarelos, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante para as polpas das frutas do Bioma Amazônia.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS

AA	Ácido Ascórbico
AAT	Atividade Antioxidante Total
ABTS	<i>2, 2'-azino-bis (3-ethylbenz-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt</i>
ACP	Análise de Componentes Principais
AçR	Açúcares Redutores
AçT	Açúcares Totais
ANOVA	Análise de Variância
AT	Antocianinas Totais
ATT	Acidez Total Titulável
b.s	base seca
CFT	Compostos Fenólicos Totais
CP	Componente Principal
CT	Carotenoides Totais
CUPRAC	<i>Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity</i>
DPPH	<i>2, 2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl</i>
EAG	Equivalente em Ácido Gálico
EAR	Equivalente em Atividade de Retinol
ER	Equivalente em Retinol
EQ	Equivalente em Quercetina
FA	Flavonoides Amarelos
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
FT	Flavonoides Totais
HCl	Ácido Clorídrico
LDL	<i>Low Density Lipoprotein</i>
ORAC	<i>Oxygen Radical Absorbance Capacity</i>
PIQ	Padrão de Identidade e Qualidade
SST	Sólidos Solúveis Totais
TBARS	<i>ThioBarbituric Acid Reactive Substances</i>
TEAC	<i>Trolox Equivalent Antioxidant Capacity</i>
TPTZ	<i>2, 4, 6-Tri(2-pyridyl)-s-triazine</i>
TRAP	<i>Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
3.1 Características Físico-Químicas em Frutas.....	14
3.2 Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Frutas.....	14
3.2.1 Ácido Ascórbico .....	15
3.2.2 Carotenoides .....	15
3.2.3 Compostos Fenólicos .....	17
3.2.4 Atividade Antioxidante Total em Frutas .....	18
3.3 Fruticultura e o Bioma Amazônia.....	19
3.3.1 Abiu .....	21
3.3.2 Achachairu .....	25
3.3.3 Araçá-Boi.....	26
3.3.4 Biri-biri .....	27
3.3.5 Mangostão-Amarelo .....	28
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
4.1 Obtenção da Matéria-Prima .....	30
4.2 Reagentes Químicos e Equipamentos.....	31
4.3 Determinação das Características Físico-Químicas das Polpas de Frutas.....	31
4.4 Determinação dos Compostos Bioativos das Polpas de Frutas .....	32
4.4.1 Ácido Ascórbico .....	32
4.4.2 Antocianinas e Flavonoides Amarelos .....	32
4.4.3 Carotenoides Totais .....	32
4.4.4 Compostos Fenólicos Totais .....	33
4.5 Determinação da Atividade Antioxidante Total das Polpas de Frutas .....	33
4.6 Análise dos Resultados .....	34
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
5.1 Características Físico-Químicas das Polpas de Frutas.....	36
5.2 Compostos Bioativos das Polpas de Frutas .....	39
5.3 Atividade Antioxidante Total das Polpas de Frutas.....	44
5.4 Correlação e Análise dos Componentes Principais entre as Variáveis Estudadas .....	47
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O consumo de frutas tem aumentado nos mercados nacional e internacional em virtude do reconhecimento do valor nutricional e terapêutico das mesmas, aliado aos novos hábitos dos consumidores resultante da preocupação com a relação entre dieta e saúde (RUFINO et al., 2010; YAHIA, 2010). Alguns constituintes bioativos como as vitaminas, os carotenóides e os compostos fenólicos, presentes nas frutas, são associados à prevenção de uma série de patologias crônicas como o câncer, as doenças cardiovasculares, o diabetes tipo II, o *Alzheimer* entre outras (CARTER et al., 2010; LIU, 2013; WANG et al., 2011; WANG et al., 2014).

O Brasil, com extensão territorial de 8,5 milhões de km<sup>2</sup> e características edafoclimáticas que fazem da fruticultura de clima temperado e tropical uma das principais atividades do seu agronegócio, consolida-se como terceiro maior produtor mundial de frutas. O país apresenta uma das maiores biodiversidades do mundo, incluindo um grande número de espécies de frutas nativas consideradas de sabor exótico que atraem consumidores de todo o mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2014; DE SOUZA et al., 2012; FAO, 2013; HAMACEK et al., 2014; IBGE, 2014).

O Bioma Amazônia, maior Bioma brasileiro, é constituído por frutas com características sensoriais únicas e elevada concentração de nutrientes. Espécies frutíferas como o abiu (*Pouteria caimito*), o achachairu (*Garcinia humilis*), o araçá-boi (*Eugenia stipitata*), o biri-biri (*Averrhoa bilimbi*) e o mangostão-amarelo (*Garcinia xanthochymus*), de sabor característico muito apreciado pelos consumidores locais, apresentam relevante importância social e econômica, com enorme potencial para comercialização. Entretanto, por serem decorrentes quase que em sua totalidade de atividade extrativista, prevalecem à escassez ou mesmo a ausência de dados técnico-científicos; fato este que acarreta a restrição no consumo destas frutas apenas à região de produção, fazendo com que as mesmas tenham pouca inserção junto aos mercados consumidores nacional e internacional de maior poder aquisitivo. Além disso, por não se apresentarem como itens de pauta das exportações brasileiras representam uma perda da capacidade produtiva da região (LIMA; QUEIROZ; FIGUEIRÊDO, 2003; RIBEIRO, 2006; RIBEIRO; FERREIRA, 2008).

Diante do exposto, faz-se necessário avaliar as características físico-químicas de espécies frutíferas nativas e cultivadas no Bioma Amazônia, a fim de promover o desenvolvimento de produtos com valor agregado, além da inclusão social dos pequenos produtores rurais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Caracterizar físico-quimicamente as polpas das frutas abiu (pequeno e gigante), achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo procedentes do Bioma Amazônia, em diferentes safras agrícolas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar o teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, açúcares redutores, açúcares totais e pH da polpa das frutas de abiu (pequeno e gigante), achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo, em diferentes safras agrícolas;
- Determinar os teores de ácido ascórbico, carotenoides totais, flavonoides amarelos, antocianinas e compostos fenólicos totais da polpa das frutas de abiu (pequeno e gigante), achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo, em diferentes safras agrícolas, e
- Determinar a atividade antioxidante total da polpa das frutas de abiu (pequeno e gigante), achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo, em diferentes safras agrícolas, usando a reação com o radical  $ABTS^{\cdot+}$  e  $DPPH^{\cdot}$ , e a reação de redução do íon férrico (FRAP).

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Características Físico-Químicas em Frutas**

As características físico-químicas avaliadas nas frutas, em geral, compreendem o teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, açúcares redutores, açúcares totais, pH, teor de ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos e a atividade antioxidante (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Ressalta-se que concentração destes compostos presentes nas frutas pode variar em decorrência de diversos fatores, como condições climáticas, localização geográfica, aplicações de agrotóxicos, estágio de maturação, processamento, armazenamento entre outros (DE SOUZA et al., 2012).

Rógez et al. (2004) destacam que dados da composição química são requeridos como os primeiros indicadores da qualidade nutricional de produtos amazônicos, como as polpas de frutas analisadas por esta pesquisa, que não possuem Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ). Dantas et al. (2012) reforçam ainda que a finalidade básica do PIQ é a proteção do consumidor, a fim de prevenir a transmissão ou a causa de doenças, para restringir a venda de produtos fraudulentos, ou ainda, para simplificar a compra e a venda de determinado alimento.

### **3.2 Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Frutas**

O termo “antioxidante” contempla uma vasta gama de substâncias, endógenas e exógenas, que, mesmo presentes em baixas concentrações, retardam ou previnem o processo de oxidação ao inibirem a iniciação ou a propagação da reação de oxidação em cadeia, além de prevenirem ou repararem danos ocasionados às células pelas espécies reativas de oxigênio (ANDRADE et al., 2007; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011).

A oxidação é um processo metabólico que leva à produção de energia necessária para as atividades essenciais das células, entretanto, o metabolismo do oxigênio nas células vivas também acarreta a produção de radicais. Estes radicais podem causar um grande número de desordens celulares (estresse oxidativo) ao reagirem com lipídeos, proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos, além de estarem envolvidos tanto no processo de envelhecimento, como também em uma série de complicações biológicas como o câncer, patologias cardiovasculares, declínio do sistema imune, disfunção cerebral, diabetes tipo II, *Alzheimer* e alguns tipos de catarata. Tais complicações podem ser prevenidas, no entanto, pelos antioxidantes dietéticos ou exógenos, como vitaminas, carotenoides e compostos fenólicos,

presentes e amplamente analisados em frutas (ALMEIDA et al., 2011; ANDRADE et al., 2007; CROWE et al., 2011; DE SOUZA et al., 2014; JIMENEZ-GARCIA et al., 2013; LIU, 2003; MALTA et al., 2013; OMENA et al., 2012; OYEBODE et al., 2014; PEREIRA et al., 2013; ROESLER et al., 2007; RUFINO et al., 2010; SILVA et al., 2014; SZAJDEK; BOROWSKA, 2008).

### **3.2.1 Ácido Ascórbico**

O ácido ascórbico é uma das mais importantes vitaminas hidrossolúveis naturalmente presente em alimentos, principalmente em frutas e hortaliças (VALENTE et al., 2014). Além de ser reconhecido por prevenir o escorbuto e por atuar na formação e manutenção de colágeno, síntese de neurotransmissores e facilitação da absorção de minerais, como o ferro; mais recentemente tem sido destacada a ação antioxidante do ácido ascórbico, que mesmo em pequenas quantidades, protege as células e os tecidos dos danos oxidativos (JACOB; SOTOUDEH, 2002; PHILIPPI, 2008).

A forma reduzida da vitamina C, o ácido L-ascórbico, é a principal forma biologicamente ativa desta vitamina no organismo humano, sendo um eficaz antioxidante devido ao seu alto poder doador de elétrons e a rápida conversão à forma reduzida ativa (VALENTE et al., 2011). Oliveira et al. (2011) relataram que a ação antioxidante do ácido ascórbico reside na habilidade que este componente bioativo tem em eliminar diferentes espécies de radicais livres, tais como os radicais superóxido e hidroxil, além de reduzir radicais tocoferóis a sua forma ativa nas membranas celulares, mantendo a sua integridade em células.

O camu-camu (1176 mg/100g) (RUFINO et al., 2010), a acerola (920 mg/100g, polpa congelada comercial) (MEZADRI et al., 2008), o caju (104-121 mg/100 g) (ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003), a jabuticaba (238 mg/100 g), o açaí (84,0 mg/100 g) (RUFINO et al., 2010) e a goiaba (65,8-102 mg/100 g) (CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; VALENTE et al., 2011) são frutas amplamente consumidas no Brasil e consideradas com alta concentração de ácido ascórbico.

### **3.2.2 Carotenoides**

Os carotenoides são pigmentos naturais lipofílicos amplamente distribuídos na natureza, sendo responsáveis pela coloração amarela, laranja ou vermelha de muitos alimentos. Estes pigmentos possuem diversas funções biológicas e acarretam uma série de

benefícios à saúde. Nas frutas, o conteúdo de carotenoides aumenta com o processo de maturação, sendo que parte da intensificação da cor deve-se à degradação da clorofila (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

A estrutura básica dos carotenoides é de um tetraterpeno ( $C_{40}$ ), formado por oito unidades isoprenóides ( $C_5H_8$ ), sendo classificados em carotenos (formados por carbonos e hidrogênios) e xantofilas (derivados oxigenados). Já foram identificados mais de 600 carotenoides, e isso se deve às diferentes modificações da sua estrutura básica mediante hidrogenação, dehidrogenação, ciclização, migração de dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de substituintes ou combinações destes processos (LIU, 2013; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004).

Os principais carotenoides encontrados nos alimentos são  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, licopeno, luteína e violaxantina. Estes carotenoides, com exceção da violaxantina, são também os mais comumente encontrados no plasma humano, e juntamente com a zeaxantina, os mais estudados em termos de benefícios a saúde, uma vez que, alguns carotenoides exercem a função fisiológica pró-vitáminica A (LIU, 2013; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Atualmente, têm sido atribuídos aos carotenoides outros efeitos benéficos à saúde relacionados ao envelhecimento, como imunomodulação, redução dos riscos de desenvolvimento de patologias cardiovasculares e degeneração macular. Tais efeitos, no entanto, não se encontram associados à atividade vitamínica A, mas sim, à atividade antioxidante dos carotenoides, principalmente, quanto à capacidade em sequestrar o oxigênio singlete e interagir com os radicais livres (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008). Além da atividade antioxidante, atribui-se ao carotenoide licopeno ação contra o câncer de pulmão, esôfago e próstata, bem como atuação na prevenção de patologias cardiovasculares. Outros carotenoides, como a zeaxantina e a luteína tem ganhado grande destaque, uma vez que constituem os carotenoides essenciais da região macular da retina humana. Assim, uma dieta rica nestes carotenoides está associada à redução dos riscos de desenvolvimento de catarata e degeneração macular (LIU, 2013; RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

Entre as principais fontes de carotenoides em frutas tipicamente amazônicas tem-se o bacuri (22,66  $\mu\text{g/g}$ ) (HIANE et al., 2006), o buriti (513,87  $\mu\text{g/g}$ ), o abricó (62,53  $\mu\text{g/g}$ ) e o tucumã (62,65  $\mu\text{g/g}$ ) (ROSSO, MERCADANTE, 2007).

### 3.2.3 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos consistem em substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Encontram-se amplamente distribuídos no reino vegetal, englobando desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização. Podem ser pigmentos, que dão a aparência colorida aos alimentos, ou produtos do metabolismo secundário, normalmente derivado de reações de defesa das plantas contra agressões do ambiente (LIU, 2013; ROCHA et al., 2011; SILVA et al., 2010).

Em virtude de seus radicais intermediários estáveis, os compostos fenólicos, impedem a oxidação de vários constituintes do alimento, particularmente os lipídios. Além disso, por estarem presentes em frutas são importantes constituintes da dieta, em função de agirem como terminais para os radicais livres (doando hidrogênio ou elétrons), atuando benéficamente sobre o estresse oxidativo, relacionado com diversas patologias crônico-degenerativas (BURTON-FREEMAN, 2010; COSTA et al., 2013; KAUR; KAPOOR, 2001; LIU, 2013; SILVA et al., 2010).

Segundo Rocha et al. (2011), considerando a grande diversidade química de compostos fenólicos distribuídos na natureza, diferentes solventes são empregados no processo de extração e distintas metodologias analíticas são aplicadas no processo de quantificação destes compostos. Macoris et al. (2012) descrevem que a extração dos compostos fenólicos de matrizes vegetais requer atenção e revelam que o etanol, metanol e acetona são eficientes agentes para extração dos fenólicos.

Alothman, Bhat e Karim (2009) relataram que a avaliação dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante de frutas tropicais da Malásia foi dependente do tipo de fruta e do sistema de solventes. A acetona (50%) e o etanol (70%) foram os solventes mais eficientes para a extração dos compostos fenólicos do abacaxi, acetona (90%) foi o mais eficiente para a extração de fenóis da banana; acetona (90%) e etanol (90%) foram eficientes na extração dos compostos fenólicos da goiaba. Rocha et al. (2011) avaliaram frutas nativas do Cerrado brasileiro e relataram que a acetona 70% foi o melhor solvente extrator de compostos fenólicos para a maioria das frutas analisadas, fornecendo teores significativamente mais elevados e melhor precisão de resultados em relação aos demais solventes avaliados, exceção para a extração de fenólicos totais em jaracatiá com etanol a 95% e extração de taninos condensados em guapeva com etanol a 95% e em cagaita com metanol.

Dentre os diversos métodos para determinar os compostos fenólicos totais, o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu é muito utilizado por ser simples e reprodutivo. Este método é empregado para quantificar todas as classes de compostos poli-hidroxifenólicos. Por outro lado, alguns autores sugerem que este método seja empregado para determinar a capacidade antioxidante total, pois o reagente Folin-Ciocalteu reage com alguns compostos não fenólicos, como o ácido ascórbico (que também pode apresentar atividade antioxidante) e os açúcares, além de apresentar elevada correlação com métodos usados para avaliar atividade antioxidante (ROCHA et al., 2011; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011).

### **3.2.4 Atividade Antioxidante Total em Frutas**

Evidências epidemiológicas crescentes apontam o papel dos alimentos com propriedades antioxidantes na prevenção de certas doenças, bem como o fato de que os níveis de antioxidantes presentes nas frutas podem ser influenciados por fatores genéticos, condições edafoclimáticas, estágio de desenvolvimento e sistema de cultivo (MACORIS et al., 2011).

Um grande número de metodologias existe para determinar a atividade antioxidante total. Estes métodos podem ser baseados na captura do radical peroxila (ORAC, TRAP), no poder de redução do metal (FRAP, CUPRAC), na captura do radical hidroxila (método de desoxirribose), na captura de radical orgânico (ABTS, DPPH) e na quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídios (TBARS, oxidação do LDL, co-oxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico) (ARUOMA, 2003; FRANKEL; MEYER, 2000), entre outros. Dentre estes métodos, ABTS, DPPH, FRAP e ORAC são alguns dos mais usados atualmente (CHRINOS et al., 2010; CRISTÉ; MERCADANTE, 2012; JANZANTTI et al., 2012; KOOLEN et al., 2013; LIMA et al., 2014; REZAIRE et al., 2014). Pérez-Jiménez et al. (2008) destacam que é recomendado que, pelo menos dois, ou de preferência todos esses métodos possam ser realizados, de modo a proporcionar informações mais abrangentes sobre a atividade antioxidante total dos gêneros alimentícios, considerando-se os aspectos positivos e negativos de cada ensaio, bem como a sua aplicabilidade.

O método para quantificar a atividade antioxidante usando a captura do radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS<sup>+</sup>) é um dos mais utilizados, por ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática. Esta metodologia permite mensurar a atividade de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSKI et al., 2005, RUFINO et al., 2007a; JANZANTTI et al., 2012). Para Ozgen et al. (2006) dentre os métodos mais utilizados para a determinação da atividade antioxidante em frutas, o método

pela captura do radical livre ABTS<sup>+</sup> tem sido bastante empregado, por ser um método estável e sensível para a avaliação destas amostras.

O método do DPPH (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995) é baseado na captura do radical DPPH<sup>·</sup> (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância a 515 nm (RUFINO et al., 2007b). É considerado um método válido e simples para avaliar a atividade antioxidante de compostos puros e/ou extratos complexos, visto que é utilizado um radical estável e que não necessita ser gerado como em outros métodos baseados na neutralização de radicais (SANCHEZ-MORENO, 2002). O DPPH é um radical livre que pode ser obtido diretamente por dissolução do reagente em meio orgânico (RUFINO et al., 2007b). Kuskoski et al. (2005) ressaltam que o tempo de medida necessário para realizar a análise de DPPH (30 min) demonstra uma desvantagem na aplicação do mesmo, considerando-se também o custo elevado do reagente.

O FRAP é o único método que será utilizado neste estudo que não é baseado na capacidade de captura do radical livre, mas sim na capacidade de redução (RUFINO et al., 2006). Pulido, Bravo e Saura-Calixto (2000) reportam o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) – Poder Antioxidante de Redução do Ferro como uma alternativa desenvolvida para determinar a redução do ferro em fluidos biológicos e soluções aquosas de compostos puros. O método pode ser aplicado a estudos da atividade antioxidante em extratos alimentícios e bebidas, bem como para o estudo da eficiência antioxidante de substâncias puras, com resultados comparáveis aos obtidos com outras metodologias mais complexas.

Thaipong et al. (2006) estimaram a atividade antioxidante total de extratos obtidos de frutos de goiaba pelos métodos ABTS, DPPH, FRAP e ORAC, e verificaram que FRAP foi a técnica mais reprodutível e aquela que apresentou uma elevada correlação com os teores de ácido ascórbico e grupos fenólicos.

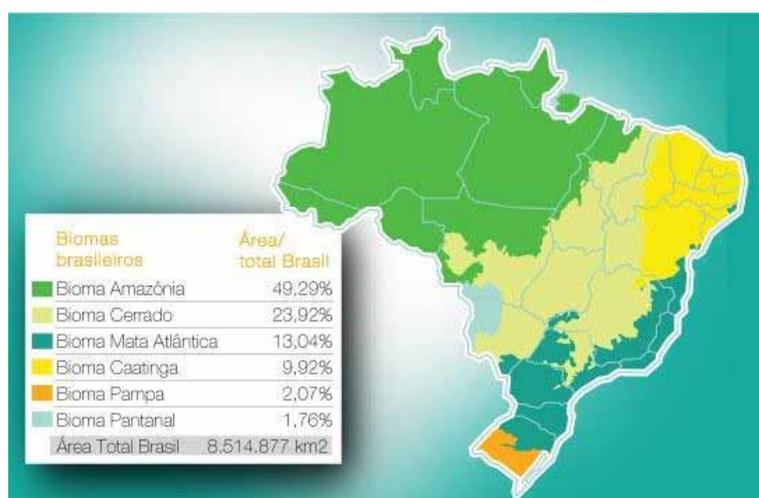
### **3.3 Fruticultura e o Bioma Amazônia**

O Brasil apresenta extensão territorial de 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, sendo um dos maiores polos mundiais de produção, e igualmente grande exportador de inúmeras espécies de frutas. O país possui características edafoclimáticas que fazem da fruticultura de clima temperado e tropical uma das principais atividades do seu agronegócio (BRASIL, 2015a; IBGE, 2014).

Nos últimos 10 anos a fruticultura brasileira vem se expandindo, com saldos positivos crescentes e com impacto amplamente favorável ao desenvolvimento econômico do País. O crescimento constante na produção consolida o Brasil como terceiro maior produtor mundial

de frutas, depois da China e da Índia, com área de 2 milhões de hectares e colheita de aproximadamente 41,6 milhões de toneladas em 2013 (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2009; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

O Brasil possui seis Biomas, sendo esses a Amazônia, o Cerrado, a Mata Atlântica, a Caatinga, o Pampa e o Pantanal (Figura 1). A Amazônia, maior reserva de biodiversidade do mundo e o maior bioma do país (4.196.943 milhões de km<sup>2</sup>), ocupa quase a metade (49,29%) do território nacional. Com cerca de 220 espécies produtoras de frutas comestíveis, correspondendo a 44% da diversidade de frutas nativas do território nacional, este Bioma cobre totalmente cinco Estados (Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima), quase totalmente Rondônia (98,8%) e parcialmente Mato Grosso (54%), Maranhão (34%) e Tocantins (9%) (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2011; BRASIL, 2015a; BRASIL, 2015b; CARVALHO; MÜLLER, 2006).



**Figura 1:** Biomas brasileiros (BRASIL, 2015a)

Atualmente, a fruticultura apresenta-se como uma importante alternativa para o desenvolvimento da agricultura amazônica brasileira, requerendo estudos quanto à caracterização nutricional de frutas de menor expressão econômica da região e para o conhecimento das variedades mais adequadas para o plantio, das práticas de cultivo, da fisiologia pós-colheita destas frutas e do melhoramento no uso dos recursos para que as espécies frutíferas possam ser cultivadas em larga escala (FERREIRA, RIBEIRO, 2006; NASCENTE; NETO, 2005; RIBEIRO et al., 2006). Por outro lado, algumas frutas nativas e cultivadas no Bioma Amazônia, cujo consumo era restrito às populações locais ou que viviam em áreas adjacentes, vêm alcançando outros mercados e ganhando importância mundial. Um exemplo desta ocorrência no Bioma Amazônia é o açaí, que reconhecido mundialmente por

sua cor, sabor e concentração de nutrientes, evidencia-se como um excelente produto de exportação, gerando benefícios para inúmeras famílias que dependem do seu cultivo. Além disso, ao ganhar importância econômica, devido ao aumento do consumo nacional e internacional, acarretou-se uma potencialização em pesquisas envolvendo tal fruta, com intensificação dos plantios e a preocupação com escala e regularidade de abastecimento, ainda que parte do cultivo do açaí se dê sobre a forma extrativista (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2014).

Algumas frutas nativas do Bioma Amazônia, como o açaí, já foram caracterizadas quanto à composição dos compostos bioativos e à atividade antioxidante (Tabela 1). O açaí e o camu-camu são frutas que se destacam por altas concentrações de ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total, enquanto o bacuri, o buriti e o tucumã pelos elevados teores de carotenóides. O pequiá destaca-se pelo conteúdo de compostos fenólicos totais e o murici pelos teores de flavonoides amarelos.

Outras espécies nativas e cultivadas no Bioma Amazônia de sabor característico muito apreciado pela população local, como o abiu, o achachairu, o araçá-boi, o biri-biri e o mangostão-amarelo, são consumidas *in natura* e utilizadas na elaboração de sucos, sorvetes, geleias e doces. Tais frutas não constituem ainda, uma cultura comercialmente estabelecida, uma vez que são decorrentes quase que em sua totalidade de atividade extrativista. Devido a isso, prevalecem à escassez ou mesmo a ausência de dados técnico-científicos apesar do potencial nutricional e econômico das mesmas.

### 3.3.1 Abiu

O abiu (*Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk.) (Figura 2), espécie frutífera da família Sapotaceae de origem no Alto Solimões, próximo à divisa com o Peru, é cultivado por toda Amazônia e tem por nomes populares abiu, abiurana, caimito, caimo, *maduraverde* (espanhol) e *egg fruit* (inglês) (FERREIRA; RIBEIRO, 2006). Trata-se de uma árvore de porte médio, com altura variando entre 4 e 10 m, e até 30 cm de diâmetro de tronco.

As folhas apresentam em média, 14,8 cm de comprimento, 4,7 cm de largura e 1,7 cm de pecíolo, além de inflorescências em fascículos axilares ou caulifloros, com flores amarelo-esverdeado pequenas, unissexuais e hermafroditas (FERREIRA; RIBEIRO, 2006; NASCIMENTO; CARVALHO; MÜLLER, 2006).

**Tabela 1:** Compostos bioativos e atividade antioxidante total em frutas nativas do Bioma Amazônia

Nome Popular	Nome Científico	Família	Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante Total	Teores	Referências
Açaí <sup>1</sup> 	<i>Euterpe oleracea</i>	Arecaceae	AA AT FA CFT CT AAT (ABTS <sup>+</sup> )	84 mg/100 g 111 mg/100 g 91,3 mg/100 g 454 mg EAG/100 g 2,8 mg/100 g 15,1 µMol trolox/g	HASSIMOTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005; KANG et al., 2012; RUFINO et al., 2010.
Bacuri <sup>2</sup> 	<i>Platonia insignis</i>	Clusiaceae	AA CT FA CFT AAT (ABTS <sup>+</sup> )	0,2 a 2,4 mg/100 g 22,66 µg/g 16,9 mg/100 g 0,4 µMol EAG/L 0,6 µMol trolox/L	CANUTO et al., 2010; HIANE et al., 2003; RUFINO et al., 2010.
Buriti <sup>2</sup> 	<i>Mauritia flexuosa</i>	Arecaceae	FT CFT CT Vitamina A	567,16 mg EQ/100 g (b.s) 378,07 mg EAG/100 g 513,89 µg/g 7280 ER/100 g	KOOLEN et al., 2013; ROSSO; MERCADANTE, 2007.
Camu-Camu <sup>1</sup> 	<i>Myrciaria dubia</i>	Myrtaceae	AA AT FA CFT CT Vitamina A AAT (DPPH)	2010 mg/100 g 30,3 a 54,0 mg/100 g 20,1 mg/100 g 1320 mg EAG/100 g 354,8 a 1095,3 µg/100 g 14,2 a 24,5 ER/100 g 167 µMol trolox/g	CHIRINOS et al., 2010; RUFINO et al., 2010; ZANATTA et al., 2005; ZANATTA; MERCADANTE, 2007.
Murici <sup>1</sup> 	<i>Byrsonima dealbata</i>	Malpighiaceae	FA CFT CT AAT (ABTS <sup>+</sup> )	13,8 mg/100 g 67 a 159,9 mg EAG/100 g 7,13 µg/g e 1,1 mg/100 g 15,73 µMol trolox/g	ALMEIDA et al., 2011; HASSIMOTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005; MARIUTTI et al., 2013; RUFINO et al., 2010.

<b>Pequiá</b> <sup>2</sup>		<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae	CFT CT Vitamina A	589,4 µg/g 17,3 µg/g 0,06 µg EAR/g	CRISTÉ et al., 2012; CRISTÉ; MERCADANTE, 2012
<b>Tucumã</b> <sup>2</sup>		<i>Astrocaryum aculeatum</i>	Arecaceae	CT Vitamina A	62,65 µg/g 850 ER/100 g	ROSSO; MERCADANTE, 2007.

<sup>1,2</sup> Parte da fruta analisada: (1) polpa e casca, (2) polpa. AA: Ácido Ascórbico; AAT: Atividade Antioxidante Total; AT: Antocianinas Totais; b.s: base seca; CFT: Compostos Fenólicos Totais; CT: Carotenóides Totais; EAG: Equivalente em Ácido Gálico; EAR: Equivalente em Atividade de Retinol; ER: Equivalente em Retinol; EQ: Equivalente em Quercetina; FA: Flavonóides Amarelos; FT: Flavonóides Totais.

A frutificação ocorre praticamente em todos os meses, concentrando-se em maior proporção no período de setembro e outubro (NASCIMENTO; CARVALHO; MÜLLER, 2006). Os frutos são elípticos, apresentando em média 9,5 cm de comprimento e 6,5 cm de diâmetro, sendo classificados quanto à forma do fruto maduro, em redondo e comprido, e quanto ao tamanho, em grande ou gigante com peso superior a 600 g; médio com peso entre 300 g e 600 g e pequeno, com peso inferior a 300 g (CALZAVARA, 1970; FERREIRA; RIBEIRO, 2006).

Os frutos quando completamente maduros apresentam epicarpo de cor amarela uniforme, ou como mais comumente, amarelo em quase toda a sua extensão, com pequena área esverdeada na porção basal. A polpa é gelatinosa e translúcida ou ligeiramente brancacenta, de sabor adocicado e apresenta em média, quatro sementes negras, lisas e alongadas (3 a 4 cm de comprimento). O fruto é consumido *in natura* ou na forma de doces, licores, geleias, sorvetes, etc. (FERREIRA; RIBEIRO, 2006).



**Figura 2:** Abiu (*Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk.) (LORENZI et al., 2006)

Clerici e Carvalho-Silva (2011) relataram o abiu (*egg fruit*) como uma fruta que apresenta 62 Kcal/100g, 14,9% de carboidratos sendo 1,7% de fibras, 0,8% de proteínas, 0,7% de lipídeos e 0,4% de cinzas. Canuto et al. (2010) elucidam que a fruta apresenta alto teor de umidade (95,8 g/100 g) e baixo conteúdo de lipídeos (0,1 g/100 g), sólidos solúveis totais correspondendo a 3,8 °Brix, pH de 5,0 e acidez total titulável de 5,9 mg ácido cítrico/100 g. Em pesquisa desenvolvida por Contreras-Calderón et al. (2011) a atividade antioxidante da parte comestível desta fruta (polpa) variou de 13,7 a 21,0  $\mu\text{Mol}$  Trolox/g para FRAP e ABTS, respectivamente, sendo que os teores de ácido ascórbico e de compostos fenólicos totais corresponderam a 7,05 mg/100 g e 83 mg EAG/100 g, respectivamente.

### 3.3.2 Achachairu

O achachairu (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (Figura 3) é também conhecido pelos nomes de chachairu, tatairu, bacupari boliviano, shashairú, ibaguazú, cachicheruqui e tapacuarai. Pertencente ao gênero *Garcinia* (ex- *Rheedia*), inclui cerca de 600 espécies de árvores e arbustos cujo análogo mais conhecido é o mangostão (*Garcinia mangostana* L.) (DUARTE, 2011; JANICK; PAULL, 2008; LORENZI et al., 2006). Essa fruta desenvolve-se naturalmente no leste da Bolívia, onde são encontradas diferentes espécies (BARBOSA; ARTIOLI, 2007; IBCE, 2010).



**Figura 3:** Achachairu (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) (LORENZI et al., 2006)

No Brasil, o achachairu é pouco conhecido e, às vezes, confundido pelo público leigo com frutas de outras espécies, como o bacupari, bacuripari e bacurizinho. É proveniente de uma árvore perenifólia que exsuda látex amarelado e atinge entre 10 e 15 m de altura. As frutas têm massa média de 30 g e são globoso-oblongas, com diâmetros transversais e longitudinais de 35,8 mm e 45,2 mm, respectivamente. A base peduncular da fruta é estreita e a calicinal mais larga. São amarelo-alaranjadas, com casca grossa (3,53 mm), lisa, firme e resistente; sendo que internamente a casca é creme-palha. A polpa, não aderente à casca, é branca, suculenta, ácida e de textura mucilaginosa, representando  $\frac{1}{3}$  da massa média da fruta (BARBOSA; ARTIOLI, 2007; LORENZI et al., 2006).

A fruta, com maturação entre os meses de fevereiro e abril, é constituída, em média, de três sementes de coloração marrom, com normalmente duas delas involuídas. As sementes são cilíndricas, com diâmetros longitudinais e transversais de 3,0 a 3,4 cm e 1,5 a 2,0 cm, respectivamente, e possuem uma resina amarela no seu interior (JANICK; PAULL, 2008). A facilidade de separação entre a polpa, casca e sementes auxilia na sua utilização em preparações culinárias misturada com outras frutas (IBCE, 2010).

Em um dos escassos estudos existentes na literatura sobre achachairu, Pimentel (2011) relatou para a polpa cultivada em Pernambuco, teor de umidade de 78,95 g/100 g, cinzas de 0,24 g/100 g, proteínas de 0,48 g/100 g, lipídeos de 0,21 g/100 g, carboidratos de 20,12 g/100 g, fibra alimentar de 1,40 g/100 g e valor energético total de 78,69 Kcal/100 g. O teor de ácido ascórbico da polpa foi de 0,90 mg/100 g, o teor de compostos fenólicos totais variou de 104,58 a 264,43 mg EAG/100 g para as soluções extratoras, hidrometanólica e hidroacetônica, respectivamente, e a atividade antioxidante total, mensurada pela metodologia ABTS, correspondeu a 0,79  $\mu$ Mol TEAC/g.

### 3.3.3 Araçá-Boi

O araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) (Figura 4), pertencente à família Myrtaceae, é usualmente cultivado no Brasil, Peru e Bolívia. Tem por nomes populares araçá (Brasil), arazá, guayaba brasileña e arazá-buey (Peru) (FERREIRA; RIBEIRO, 2006). É proveniente de uma espécie arbustiva da Amazônia Ocidental de pequeno a médio porte, que possui folhagem densa e coloração verde-escura. Os ramos e folhas jovens são avermelhados. Suas folhas são simples, opostas de lâmina elíptico-ovalada, entre 6 cm a 18 cm de comprimento e 3,5 cm a 9,5 cm de largura, ápice acuminado e base arredondada. A maturação ocorre entre os meses de dezembro a maio (FERREIRA; RIBEIRO, 2006; LORENZI et al., 2006).



**Figura 4:** Araçá-Boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) (LORENZI et al., 2006)

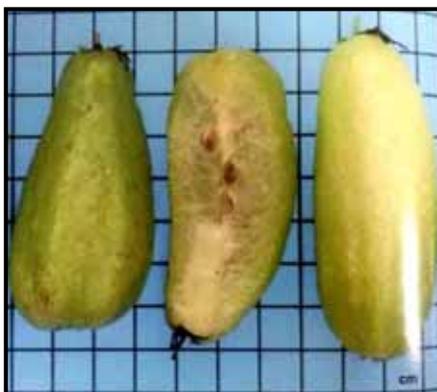
O fruto do araçazeiro é uma baga globosa, com peso variando entre 30 g e 800 g, de cor amarelo canário, epicarpo delgado e aveludado. A casca é delicada com uma espessura de 1 mm e a polpa, de mesma cor da casca quando madura, é succulenta, ácida, de aroma agradável e corresponde a 82% da massa da fruta. As sementes são carnudas e oblongas, variando de 3 a 20 por fruto, que atinge 2,5 cm de comprimento. O fruto é pouco utilizado *in*

*natura*, devido a sua elevada acidez. A polpa é empregada no preparo de sucos, sorvetes, doces, compotas, cremes e geleias (FERREIRA; RIBEIRO, 2006; GARZÓN et al., 2012; RÓGEZ et al., 2004).

O araçá-boi corresponde a uma fruta com baixo valor energético, de 37,09 Kcal/100 g e alto teor de umidade, 93,6%, com conteúdo de carboidratos de 7,67% sendo que as fibras correspondem a 8,65%. Possui, ainda, 0,5% de proteína, 0,49% de lipídeos, 0,33% de cinzas e pH de 2,6 (CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011; GARZÓN et al., 2012). Foi relatado conteúdo de 8,92 mg de ácido ascórbico/100 g e 806 µg/100 g de carotenoides, sendo a luteína (154 µg/100 g) a mais abundante (CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; GARZÓN et al., 2012; RÓGEZ et al., 2004). O conteúdo de compostos fenólicos totais variou, na polpa, de 19,3 mg EAG/100 g para a fruta proveniente da Amazônia Colombiana (GARZÓN et al., 2012) a 184,08 mg EAG/g para a fruta procedente da Amazônia Brasileira (NERI-NUMA et al., 2013). Neri-Numa et al. (2013) relataram ainda, para o araçá-boi, a presença de miricetina (17,0 mg/100g), quercetina (5,16 mg/100g) e kaempferol (3,70 mg/100g), bem como atividade antimutagênica e antígenotóxica.

### 3.3.4 Biri-biri

*Averrhoa bilimbi* L. (Figura 5) é uma espécie frutífera pertencente à família Oxalidaceae, popularmente conhecida como biri-biri, bilimbi, limão japonês, limão caiena e caramboleira amarela. É uma árvore pequena, chegando a 15 m de altura, com frutos tipo baga, cilíndricos, apresentando cinco lóbulos longitudinais, mudando de coloração de acordo com o estágio de maturação, de verde a amarela, com aumento máximo do peso e das dimensões das frutas durante este estágio (ARAUJO et al., 2009; SOUZA et al., 2011).



**Figura 5:** Biri-Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) (LORENZI et al., 2006)

O biri-biri tem sua origem possivelmente no Sudeste Asiático, mais precisamente na Malásia onde é bastante comercializado. No Brasil, é cultivado nos estados do Rio de Janeiro, Amazonas, Pará e Santa Catarina, sendo sua produção concentrada na região Norte, principalmente em pomares domésticos. Acredita-se que foi introduzido pela região amazônica por meio da cidade de Caiena, de onde vem o nome limão-de-caiena (LORENZI et al., 2006; SOUZA et al., 2011).

Verde ou maduro, o biri-biri é, quase sempre, considerado muito ácido e amargo para ser consumido *in natura*, mas tem uso na culinária, substituindo o limão no tempero de carnes e peixes. Apesar de não ser considerada uma fruta comercial, é bastante utilizada para a produção de conservas, geleias, doces, sucos, compotas, licores e vinagre (LIMA; MÉLO; LIMA, 2001; PATIL; KOLI; PATIL, 2013; SOUZA et al., 2011). Seu suco contém alto teor de ácido oxálico além de ser fonte de vitamina C.

De acordo com Kolar, Kamble e Dixit (2011) o extrato da fruta *Averrhoa bilimbi* L. apresenta capacidade antioxidante e o seu consumo pode contribuir substancialmente com uma dieta saudável. Souza et al. (2011) descreveram para o biri-biri teor de sólidos solúveis de 4,95% e acidez total titulável de 5,10% de ácido oxálico, em média. Lima, Mélo, Lima (2001) relataram conteúdo de ácido ascórbico para o biri-biri nas estações seca e chuvosa foram de 60,95 e 36,68 mg/100 g, respectivamente.

### **3.3.5 Mangostão-Amarelo**

O mangostão-amarelo (*Garcinia xanthochymus* Hook. F. ex T. Anderson) (Figura 6), também conhecido como falso-mangostão pertence à família Clusiaceae, que inclui 35 gêneros e mais de 800 espécies, entre as quais se destaca o bacuri (*Platnia insignis*), bacupari (*Rheedea macoiphylla*) e abricó do Pará (*Mammea americana*), sendo, no entanto, o mangostão (*Garcinia mangostana* L.) o mais conhecido (CAVALCANTE; JESUS; MARTINS, 2006). É proveniente de uma fruteira exótica ocasionalmente cultivada por colecionadores de pomares domésticos, principalmente do Norte e Sudeste, sendo originária da Ásia tropical, entre a Índia e a Península Maláia (LORENZI et al., 2006).

Os frutos, com maturação entre março e agosto, evidenciam-se como uma baga esférica de cor amarela-avermelhada, com polpa suculenta, levemente ácida, que pode ser consumida *in natura*, como suco ou doce (CAVALCANTE; JESUS; MARTINS, 2006; ALMEIDA et al., 2008).



**Figura 6:** Mangostão-Amarelo (*Garcinia xanthochymus* Hook. F. ex T. Anderson) (LORENZI et al., 2006)

Para o mangostão-amarelo, escassos são os estudos relatados na literatura científica. Cavalcante, Jesus e Martins (2006) descreveram teores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável de 11,73 °Brix e 4,19%, respectivamente, para o mangostão-amarelo.

Diante do exposto e da carência de dados científicos faz-se necessária a caracterização físico-química, de compostos bioativos e de atividade antioxidante das polpas das frutas de abiu, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo, em diferentes safras, a fim de se conhecer o valor nutricional destas frutas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção da Matéria-Prima

As partes comestíveis, neste estudo designada de polpa, das frutas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo procedentes da cidade de Cacoal (latitude 11°26'19" Sul, longitude 61°26'50" oeste, altitude 200 m), RO, Brasil (Amazônia Ocidental) foram adquiridas congeladas. As polpas foram armazenadas em recipientes de vidro com tampa, previamente higienizados, e mantidas a -18 °C até o momento das análises.

A Tabela 2 evidencia o nome popular, nome científico, família, parte comestível (analisada, neste estudo) e não comestível das frutas nativas e cultivadas no Bioma Amazônia avaliadas neste estudo.

**Tabela 2:** Nome popular, nome científico, família, parte comestível (analisada) e não comestível das frutas nativas e cultivadas no Bioma Amazônia.

Nome Popular	Nome Científico	Família	Parte Comestível (Analisada)	Parte Não comestível	Referências
Abiu	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et. Pavon Radlk.	Sapotaceae	Polpa	Casca e Semente	CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; FERREIRA; RIBEIRO, 2006; NASCIMENTO; CARVALHO; MÜLLER, 2006.
Achachairu	<i>Garcinia humilis</i> (Vhal) C. D. Adam	Clusiaceae	Polpa	Casca e Semente	DUARTE, 2011; LORENZI et al., 2006.
Araçá-Boi	<i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh	Myrtaceae	Polpa	Casca e Semente	CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; FERREIRA; RIBEIRO, 2006; GARZÓN et al., 2012; NERI-NUMA et al., 2013; RÓGEZ et al., 2004.
Biri-Biri	<i>Averrhoa bilimbi</i> L.	Oxalidaceae	Polpa e Casca	Semente	LIMA; MÉLO; LIMA, 2001; SOUZA et al., 2011.
Mangostão-Amarelo	<i>Garcinia xanthochymus</i> Hook. F. ex T. Anderson	Clusiaceae	Polpa	Casca e Semente	ALMEIDA et al., 2008; CAVALCANTE; JESUS; MARTINS, 2006; FU et al., 2012; LORENZI et al., 2006.

As polpas das frutas foram provenientes das safras 2012/2013 (meses de Novembro de 2012 a Fevereiro de 2013, designada neste estudo como *safra 1*), 2013 (meses de Junho a Setembro de 2013, designada como *safra 2*), 2013/2014 (meses de Novembro de 2013 a Fevereiro de 2014, designada como *safra 3*) e 2014 (meses de Junho a Setembro de 2014, designada como *safra 4*).

De acordo com a classificação da Köeppen, o clima da região de Cacoal, RO, é do tipo AM, correspondente às florestas tropicais com chuvas do tipo monção. Caracteriza-se por elevadas precipitações, cujo total compensa a estação seca permitindo a existência de floresta. Esse tipo climático domina toda a região, com temperatura média em torno de 24 °C. As precipitações anuais variam entre 1750 e 2750 mm. Os valores de umidade relativa apresentam oscilações entre 80% e 85% (ACIC, 2013).

As análises de caracterização realizadas com as polpas das frutas foram conduzidas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

#### **4.2 Reagentes Químicos e Equipamentos**

Os reagentes álcool metílico, álcool etílico, acetona, éter de petróleo, carbonato de sódio e ácido clorídrico foram adquiridos da marca LabSynth (Diadema, SP, BRA); acetato de sódio trihidratado e cloreto férrico hexahidratado foram obtidos da marca Dinâmica (Diadema, SP, BRA), 2,6-diclorofenol indofenol, ácido gálico, reagente Folin-Ciocalteau (2N), ABTS (2,2,9-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), persulfato de potássio, Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hidrazil) e TPTZ (2,4,6-tri(2-pyridyl)-s-triazine) foram adquiridos da marca Sigma Aldrich (St. Louis, MO, USA). Foi utilizado o espectrofotômetro modelo Beckman DU 640 (Fullerton, CA, USA).

#### **4.3 Determinação das Características Físico-Químicas das Polpas de Frutas**

Os teores de sólidos solúveis totais, açúcares redutores, açúcares totais, acidez total titulável e pH, para cada polpa de fruta em diferentes safras, foram determinados de acordo com metodologias descritas pela AOAC (2005) e as análises realizadas em triplicata.

#### **4.4 Determinação dos Compostos Bioativos das Polpas de Frutas**

As análises dos compostos bioativos para cada polpa de fruta em diferentes safras foram realizadas em triplicata.

##### **4.4.1 Ácido Ascórbico**

A determinação do conteúdo de ácido ascórbico das polpas das frutas foi baseada na oxidação do ácido ascórbico pelo reagente 2,6-diclorofenolindofenol (BENASSI; ANTUNES, 1988; AOAC, 2005). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de polpa.

##### **4.4.2 Antocianinas e Flavonoides Amarelos**

As antocianinas e os flavonoides amarelos das polpas das frutas foram avaliados segundo metodologia descrita por Francis (1982) baseada na extração dos mesmos com etanol (95%) e HCl 1,5 M (85:15, v:v).

A leitura da absorvância foi realizada a 535 nm para antocianinas e 374 nm para flavonoides amarelos, em espectrofotômetro. O conteúdo de antocianinas totais e flavonoides amarelos foi calculado utilizando-se da equação 1, como descrito por Silva et al. (2014). Os resultados foram expressos em mg de antocianinas ou flavonoides amarelos/100 g de polpa.

$$\text{Equação 1: } \frac{(\text{Abs.} \times \text{fator de diluição}) \times 1000}{(\text{Peso da Amostra} \times \epsilon^{1\%}_{1\text{cm}})}$$

Onde: Abs. é a absorvância da amostra a 535 nm para antocianinas totais e 374 nm para flavonoides amarelos e  $\epsilon^{1\%}_{1\text{cm}}$  é o coeficiente de absorção de 982 (g/100 mL)<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> para antocianinas totais e de 766 (g/100 mL)<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> para flavonoides amarelos.

##### **4.4.3 Carotenoides Totais**

O teor de carotenoides totais das polpas de frutas foi determinado de acordo com o método descrito por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004). A leitura da absorvância foi realizada a 450 nm em espectrofotômetro, sendo o conteúdo de carotenoides totais calculado a partir do valor de 2592, referente ao coeficiente de absorção do β-caroteno em éter de petróleo, e expresso em µg β-caroteno/100 g polpa.

#### 4.4.4 Compostos Fenólicos Totais

A extração dos compostos fenólicos totais das polpas das frutas foi realizada de acordo com metodologia descrita por Macoris et al. (2012) com pequenas modificações. A polpa da fruta foi homogeneizada com solução extratora de acetona (70%), submetida a 1 min de agitação, banho de ultrassom à temperatura ambiente durante 15 min e posterior centrifugação a 9000 rpm por 20 min a 20 °C. O sobrenadante foi filtrado em filtro Whatman recolhido em um balão volumétrico de 50 mL, e após repetição do processo de extração, aferiu-se com a solução extratora. O extrato foi armazenado em frasco âmbar e também utilizado para a determinação da atividade antioxidante da polpa das frutas.

Os compostos fenólicos totais da polpa das frutas do bioma Amazônia de diferentes safras foram determinados pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (FOLIN-CIOCALTEAU, 1927; MACORIS et al., 2012; WATERHOUSE, 2014) com modificações. A diferentes alíquotas do filtrado adicionou-se o 60 µL do reagente de Folin-Ciocalteu. Após 6 min, 2 mL de solução de carbonato de sódio (7%, v/v) foi adicionado à mistura, e o volume final foi ajustado com água destilada para 5 mL. A mistura foi deixada em repouso à temperatura ambiente durante 2 h. As leituras de absorvância foram feitas a 720 nm, em espectrofotômetro. A quantificação foi realizada utilizando uma curva de calibração preparada com uma solução padrão de ácido gálico (72-200 µg/mL) e os resultados expressos em mg de equivalente em ácido gálico (EAG)/100 g de polpa.

#### 4.5 Determinação da Atividade Antioxidante Total das Polpas de Frutas

A atividade antioxidante total da polpa das frutas nas diferentes safras foi avaliada pela captura do radical livre ABTS<sup>•+</sup> (RUFINO et al., 2007a, MACORIS et al., 2012), pela captura do radical livre DPPH (RUFINO et al., 2007b) e pela redução do ferro pelo método FRAP (RUFINO et al., 2006), em triplicata, a partir dos extratos das frutas obtidos como descrito no item 4.4.4, com modificações. Os resultados foram expressos em µmol de Trolox/g de polpa.

O radical ABTS<sup>•+</sup> foi preparado a partir da reação de 5 mL da solução estoque de ABTS com 88 µL da solução de persulfato de potássio. A mistura foi mantida em ambiente escuro, à temperatura ambiente, por 16 h. Em seguida, a mistura foi diluída em álcool etílico até a obtenção de uma absorvância de  $0,70 \pm 0,05$  a 734 nm. Em ambiente escuro, em um tubo de ensaio foi adicionado uma alíquota de 30 µL do extrato (em três diferentes concentrações/diluições 100%, 70% e 50%) da polpa das frutas e 3,0 mL da solução do

radical ABTS<sup>+</sup>. Após 6 min, foi realizada a leitura (734 nm) e foi utilizado o álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A quantificação foi realizada utilizando uma curva de calibração preparada com uma solução padrão de trolox (100 - 2.000 µM).

A solução de DPPH (0,06 mM) foi preparada pela dissolução do reagente DPPH em álcool metílico. Em ambiente escuro, em um balão de 5 mL foram transferidos 100 µL de alíquota do extrato (três diferentes concentrações/diluições 100%, 80% e 60%) da polpa das frutas e misturados a 4,5 mL da solução de DPPH. O volume final foi ajustado com álcool metílico. Após 30 min foi realizada a leitura (515 nm) e utilizou-se álcool metílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A quantificação foi realizada utilizando uma curva de calibração preparada com uma solução padrão de trolox (200 - 800 µM).

O reagente FRAP foi obtido a partir da mistura de 25 mL de tampão acetato de sódio 0,3 M, 2,5 mL de uma solução de TPTZ (2,4,6-Tri(2-pyridyl)-s-triazine) 10 mM e 2,5 mL de uma solução aquosa de cloreto férrico 20 mM. Em ambiente escuro, uma alíquota de 150 µL do extrato (em três diferentes concentrações/diluições 40%, 30% e 20%) da polpa das frutas foi misturada com 4,0 mL da solução de FRAP em tubo de ensaio. O volume final foi ajustado com água destilada para 5 mL. Após a homogeneização em agitador de tubos, os tubos foram mantidos em banho-maria a 37 °C por 30 min. A leitura foi realizada a 595 nm e foi utilizado o reagente FRAP como branco para calibrar o espectrofotômetro. A quantificação foi realizada utilizando uma curva de calibração preparada com uma solução padrão de trolox (200 - 600 µM).

#### **4.6 Análise dos Resultados**

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e atividade antioxidante total para as polpas de frutas nas diferentes safras foram submetidos ao teste T de *Student*, para comparação de duas médias, considerando-se amostras independentes, e análise de variância ANOVA, para três ou mais médias, seguida de teste de *Tukey* para comparação de médias, sendo que as diferenças foram consideradas significativas para valores de  $p \leq 0,05$ .

A análise de correlação linear (correlação de Pearson) foi realizada entre as médias dos resultados referentes aos compostos bioativos (ácido ascórbico, carotenoides totais, antocianinas, flavonoides amarelos, compostos fenólicos totais) e a atividade antioxidante total (dos métodos ABTS<sup>+</sup>, DPPH<sup>·</sup> e FRAP) das polpas das frutas nas diferentes safras, considerando-se nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Análise dos componentes principais (ACP) foi realizada utilizando a média dos resultados para cada parâmetro avaliado nas polpas das frutas em diferentes safras, com base na matriz de correlação, a fim de caracterizar as polpas quanto aos seus constituintes químicos, bioativos e atividade antioxidante.

O software Statistica 7.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA) foi usado em todas as análises estatísticas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características Físico-Químicas das Polpas de Frutas

Houve diferença significativa entre as polpas de uma mesma fruta analisadas em diferentes safras quanto a um mesmo parâmetro físico-químico (Tabela 3), excetuando-se os parâmetros açúcares totais e acidez total titulável para as polpas de abiu pequeno.

Os teores de sólidos solúveis totais variaram de 3,00 °Brix, para a polpa de araçá-boi da *safra 1* a 18,04°Brix, para a polpa de abiu gigante das *safras 1* e *3* (Tabela 3 e Figura 7). Os teores de açúcares redutores e totais variaram de 0,29 g de glicose/100 mL para a polpa de araçá-boi da *safra 4* a 6,82 g de glicose/100 mL de polpa para o abiu gigante da *safra 1*, e de 0,77 g de glicose/100 mL de polpa para o araçá-boi da *safra 4* a 14,68 g de glicose/100 mL de polpa para o abiu pequeno da *safra 1*, respectivamente. Ressalta-se que para as polpas de achachairu, biri-biri e mangostão-amarelo os açúcares totais são quase que em sua totalidade representado pelos açúcares redutores presentes nestas frutas.

O conteúdo de acidez total titulável apresentou variação de 0,037 g de ácido cítrico/100 g polpa para o abiu pequeno da *safra 2* a 2,88 g de ácido cítrico/100 g polpa para o mangostão-amarelo da *safra 4*. Os valores de pH variaram entre 1,95 e 6,89 para as polpas de biri-biri da *safra 4* e abiu pequeno da *safra 1*, respectivamente. Canuto et al. (2010) ressaltaram que o teor de sólidos solúveis apresenta correlação com os teores de acidez e açúcares. Tais autores destacam ainda, que este fato é de interesse para o mercado consumidor, uma vez que o mesmo tem predileção por frutas doces.

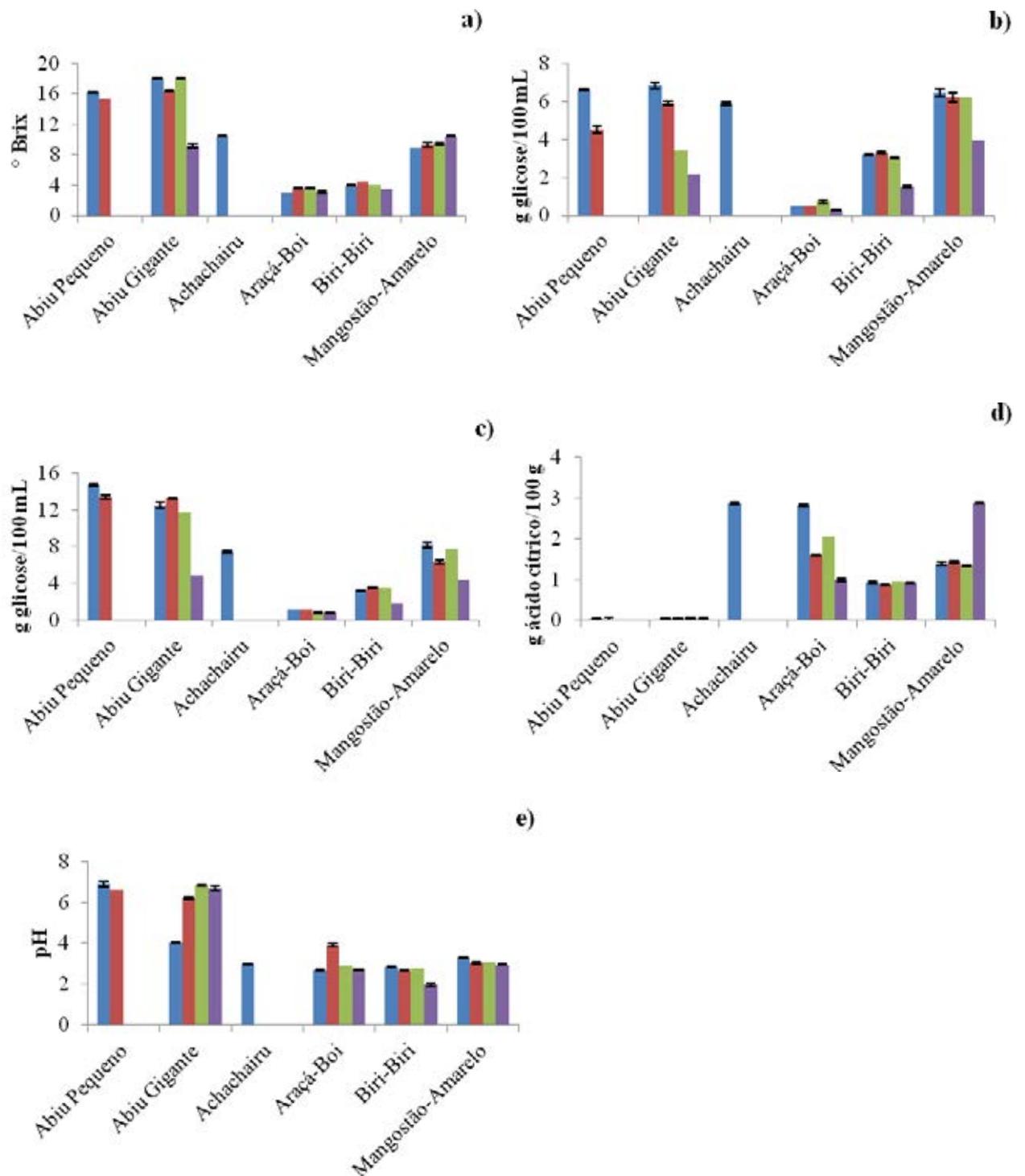
De uma maneira geral não houve grande variação no conteúdo dos parâmetros físico-químicos para uma mesma polpa de fruta nas diferentes safras avaliadas (Figura 7). Não houve também diferenças marcantes entre o abiu pequeno e o abiu gigante em relação aos resultados dos parâmetros físico-químicos das *safras 1* e *2*.

Na *safra 1* constatou-se resultados estatisticamente superiores de sólidos solúveis totais para a polpa de abiu pequeno, açúcares redutores para as polpas de abiu pequeno e gigante, açúcares totais e acidez total titulável para a polpa de araçá-boi e pH para as polpas de abiu pequeno e mangostão-amarelo. Na *safra 2*, os teores de sólidos solúveis totais e pH foram estatisticamente elevados para as polpas de biri-biri e araçá-boi, respectivamente. Para a *safra 3*, os teores de açúcares redutores foram significativamente elevados para a polpa de araçá-boi e para a *safra 4*, os teores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável foram significativamente elevados para a polpa de mangostão-amarelo.

**Tabela 3:** Características físico-químicas das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, arará-boi, biri-biri e mangostão-amarelo nas diferentes safras.

Parâmetros	Safras	Abiu Pequeno	Abiu Gigante	Achachairu	Aará-Boi	Biri-Biri	Mangostão-Amarelo
<b>Sólidos Solúveis Totais (° Brix)</b>	1	16,20 (0,01) <sup>a</sup>	18,04 (0,06) <sup>a</sup>	10,50 (0,01)	3,00 (0,01) <sup>b</sup>	4,00 (0,01) <sup>b</sup>	9,00 (0,01) <sup>c</sup>
	2	15,30 (0,01) <sup>b</sup>	16,44 (0,12) <sup>b</sup>	n.a	3,64 (0,06) <sup>a</sup>	4,50 (0,01) <sup>a</sup>	9,34 (0,29) <sup>bc</sup>
	3	n.a	18,04 (0,06) <sup>a</sup>	n.a	3,54 (0,06) <sup>a</sup>	4,07 (0,06) <sup>b</sup>	9,44 (0,12) <sup>b</sup>
	4	n.a	9,23 (0,23) <sup>c</sup>	n.a	3,07 (0,12) <sup>b</sup>	3,50 (0,01) <sup>c</sup>	10,5 (0,01) <sup>a</sup>
	<b>Média</b>	15,75 (0,64)	15,44 (4,20)	10,50 (0,01)	3,31 (0,32)	4,02 (0,40)	9,57 (0,56)
<b>Açúcares Redutores (g glicose/100 mL)</b>	1	6,62 (0,05) <sup>a</sup>	6,82(0,17) <sup>a</sup>	5,89 (0,08)	0,49 (0,01) <sup>b</sup>	3,19(0,05) <sup>ab</sup>	6,47 (0,21) <sup>a</sup>
	2	4,51 (0,19) <sup>b</sup>	5,92 (0,10) <sup>b</sup>	n.a	0,48 (0,01) <sup>b</sup>	3,31 (0,06) <sup>a</sup>	6,62 (0,23) <sup>a</sup>
	3	n.a	3,44 (0,03) <sup>c</sup>	n.a	0,74 (0,01) <sup>a</sup>	3,03 (0,10) <sup>b</sup>	6,26 (0,06) <sup>a</sup>
	4	n.a	2,17 (0,07) <sup>d</sup>	n.a	0,29 (0,01) <sup>c</sup>	1,52 (0,04) <sup>c</sup>	3,95 (0,04) <sup>b</sup>
	<b>Média</b>	5,56 (1,49)	4,59 (2,15)	5,89 (0,08)	0,50 (0,18)	2,76 (0,83)	5,72 (1,02)
<b>Açúcares Totais (g glicose/100 mL)</b>	1	14,68 (0,09) <sup>a</sup>	12,47 (0,32) <sup>ab</sup>	7,44 (0,10)	1,18 (0,01) <sup>a</sup>	3,27 (0,05) <sup>b</sup>	8,16 (0,31) <sup>a</sup>
	2	13,36 (0,18) <sup>a</sup>	13,22 (0,08) <sup>a</sup>	n.a	1,14 (0,01) <sup>b</sup>	3,55 (0,06) <sup>a</sup>	6,33 (0,21) <sup>b</sup>
	3	n.a	11,64 (0,32) <sup>b</sup>	n.a	0,80 (0,01) <sup>c</sup>	3,51 (0,13) <sup>a</sup>	7,75 (0,04) <sup>a</sup>
	4	n.a	4,84 (0,03) <sup>c</sup>	n.a	0,77 (0,02) <sup>d</sup>	1,82 (0,05) <sup>c</sup>	4,44 (0,03) <sup>c</sup>
	<b>Média</b>	14,02 (0,94)	10,54 (3,86)	7,44 (0,10)	0,97 (0,22)	3,03 (0,82)	6,67 (1,45)
<b>Acidez Total Titulável (g ácido cítrico/100 g)</b>	1	0,040 (0,008) <sup>a</sup>	0,045 (0,002) <sup>b</sup>	2,87 (0,02)	2,83 (0,03) <sup>a</sup>	0,94 (0,03) <sup>a</sup>	1,39 (0,04) <sup>c</sup>
	2	0,037 (0,005) <sup>a</sup>	0,047 (0,002) <sup>b</sup>	n.a	1,61 (0,01) <sup>c</sup>	0,87 (0,02) <sup>b</sup>	1,44 (0,03) <sup>b</sup>
	3	n.a	0,053 (0,002) <sup>a</sup>	n.a	2,07 (0,01) <sup>b</sup>	0,96 (0,01) <sup>a</sup>	1,34 (0,01) <sup>bc</sup>
	4	n.a	0,054 (0,002) <sup>a</sup>	n.a	1,00 (0,03) <sup>d</sup>	0,93 (0,01) <sup>a</sup>	2,88 (0,01) <sup>a</sup>
	<b>Média</b>	0,038 (0,002)	0,050 (0,004)	2,87 (0,02)	1,87 (0,77)	0,92 (0,04)	1,76 (0,64)
<b>pH</b>	1	6,89 (0,11) <sup>a</sup>	4,01 (0,01) <sup>c</sup>	2,97 (0,02)	2,67 (0,06) <sup>c</sup>	2,83 (0,02) <sup>a</sup>	3,30 (0,01) <sup>a</sup>
	2	6,62 (0,01) <sup>b</sup>	6,20 (0,07) <sup>b</sup>	n.a	3,89 (0,08) <sup>a</sup>	2,64 (0,03) <sup>b</sup>	3,03 (0,06) <sup>b</sup>
	3	n.a	6,85 (0,02) <sup>a</sup>	n.a	2,86 (0,01) <sup>b</sup>	2,77 (0,01) <sup>a</sup>	3,07 (0,01) <sup>b</sup>
	4	n.a	6,67 (0,12) <sup>a</sup>	n.a	2,70 (0,02) <sup>c</sup>	1,95 (0,08) <sup>c</sup>	2,94 (0,02) <sup>c</sup>
	<b>Média</b>	6,75 (0,19)	5,93 (1,31)	2,97 (0,02)	3,03 (0,58)	2,54 (0,40)	3,08 (0,14)

Média (desvio padrão), n=3. <sup>a,b,c,d</sup> Letras diferentes na mesma coluna (para um mesmo parâmetro) indicam médias estatisticamente diferentes pelos Teste T de Student ou de Tukey (p≤0,05). n.a = não avaliado (ausência de produtividade ou escassez de polpa). *safra 1*: Correspondente ao período entre os meses de Novembro de 2012 a Fevereiro de 2013.; *safra 2*: Correspondente ao período entre os meses de Junho de 2013 a Setembro de 2013; *safra 3*: Correspondente ao período entre os meses de Novembro de 2013 a Fevereiro de 2014 e *safra 4*: Correspondente ao período entre os meses de Junho de 2014 a Setembro de 2014.



**Figura 7:** Comportamento dos parâmetros físico-químicos das polpas das frutas do Bioma Amazônia em diferentes safras. a) sólidos solúveis totais, b) açúcares redutores, c) açúcares totais, d) acidez total titulável e e) pH. safra 1 (●), safra 2 (●), safra 3 (●) e safra 4 (●).

Além disso, na safra 4 os teores de açúcares redutores e totais foram estatisticamente inferiores para todas as polpas de frutas analisadas quando comparadas as demais safras estudadas.

Canuto et al. (2010) relataram para a polpa de abiu procedente da Amazônia teores de acidez total titulável de 5,9 mg ácido cítrico/100g e pH de 5,0, resultados semelhantes ao nosso estudo, enquanto que para sólidos solúveis totais (3,8 °Brix) foram bem inferiores. Pimentel (2011) descreveu para a polpa de achachairu teor de sólidos solúveis de 16,4 °Brix e pH de 3,78, valores esses superiores aos encontrados neste estudo. Garzón et al. (2012) reportaram para a polpa de araçá-boi teores de sólidos solúveis de 4,6 °Brix e valores de pH de 2,6, resultados semelhantes ao do presente estudo (3,31 °Brix e 3,03; em média, respectivamente). Araújo et al. (2009) relataram para a fruta madura de biri-biri conteúdo de sólidos solúveis totais de 3,23 °Brix e pH de 2,49, resultados semelhantes ao do presente estudo. A polpa de mangostão-amarelo proveniente de Jaboticabal, SP, analisada por Cavalcante, Jesus e Martins (2006), apresentou conteúdo superior para sólidos solúveis totais (11,73 °Brix) e a acidez total titulável (4,19%), quando comparado aos relatados neste estudo.

## 5.2 Compostos Bioativos das Polpas de Frutas

A Tabela 4 e a Figura 8 elucidam os teores de compostos bioativos nas polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo provenientes do Bioma Amazônia analisadas em diferentes safras. Houve grande variação e diferença significativa para um mesmo composto bioativo entre as polpas de uma mesma fruta nas diferentes safras.

Os teores de ácido ascórbico, entre as frutas analisadas neste estudo, variaram de 1,91 mg/100 g, para a polpa abiu gigante *safra 4* a 18,39 mg/100 g, para a polpa de araçá-boi da *safra 3*. Contreras-Calderón et al. (2011) reportaram conteúdo de ácido ascórbico de 7,05 mg/100 g de polpa para a o abiu e de 8,92 mg/100 g de polpa para o araçá-boi, valores esses superiores aos descritos neste estudo quanto a média dos resultados para os parâmetros analisados. Pimentel (2012) reportou teor de ácido ascórbico de 0,90 mg/100 g para a polpa do achachairu, teor muito menor do que o obtido nesta pesquisa. Cavalcante, Jesus e Martins (2006) reportaram conteúdo de ácido ascórbico (40,32 mg de /100 g) muito superior ao obtido neste estudo para a fruta fresca de mangostão-amarelo, ainda que envolva metodologia distinta. Para o biri-biri, Araújo et al. (2009) também relataram valores muito superiores de ácido ascórbico aos verificados nesta pesquisa para a fruta em diferentes estádios de maturação, 50,82 mg/100 g para a fruta verde, 41,69 mg/100 g para a fruta semi-madura e 32,01 mg/100g para a fruta madura.

Cabe ressaltar que a polpa de araçá-boi proveniente da *safra 3* apresentou conteúdo de ácido ascórbico de 18,39 mg/100 g, valor este superior ao relatado por Almeida et al. (2011)

para frutas exóticas do nordeste como o murici (11,8 mg/100 g) e o umbu (12,1 mg/100 g). Todas as polpas de frutas das diferentes safras, com exceção da polpa de abiu gigante da *safra 4*, apresentaram teor de ácido ascórbico superior ao bacuri (2,3 mg/100 g) avaliado por Rufino et al. (2010) .

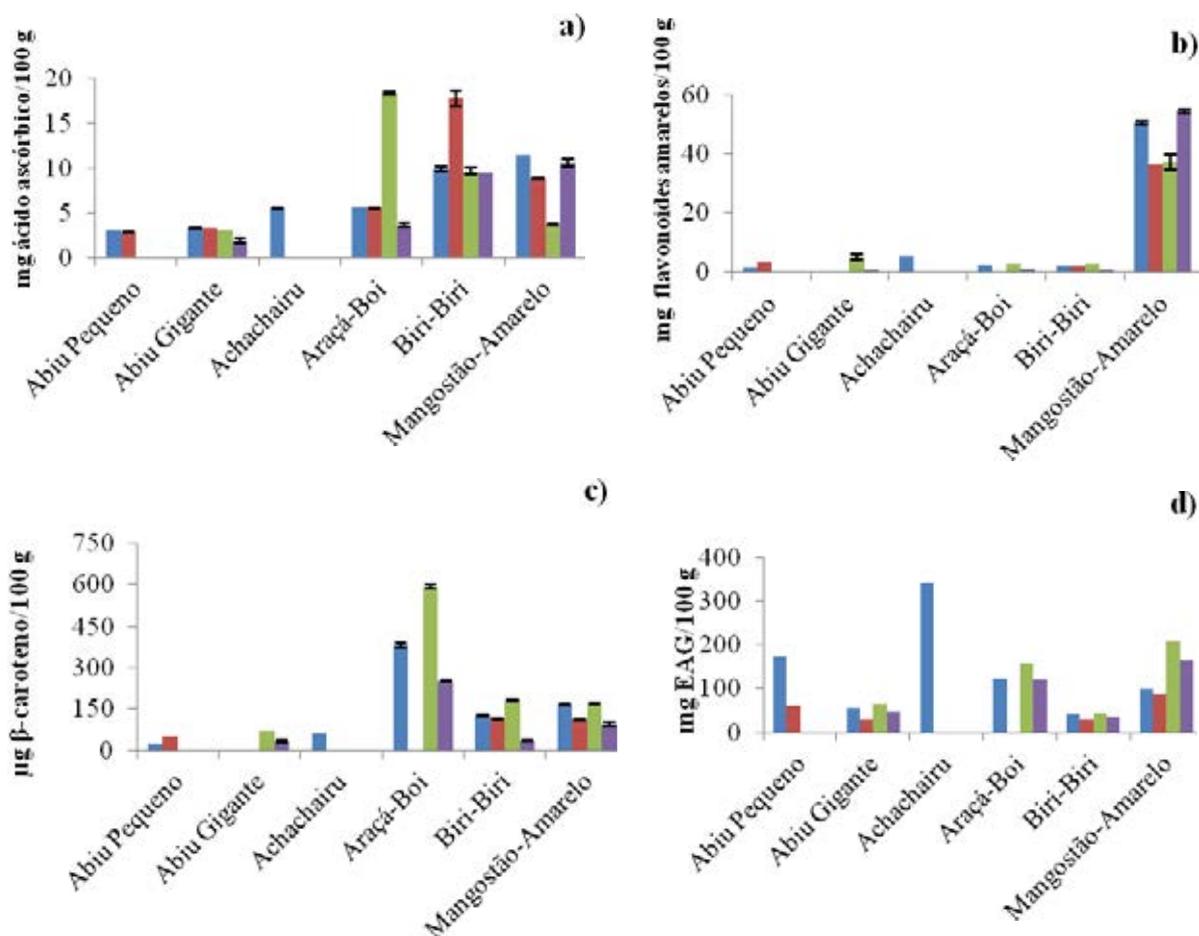
Jacob e Sotoudeh (2002) destacaram que a ingestão, em uma dieta habitual saudável, de vitamina C está relacionada à redução na incidência de diversas patologias crônicas, como o diabetes, o câncer, as doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Segundo o Institute of Medicine (2000), a ingestão diária recomendada de vitamina C para adultos é de 90 mg/dia para homens e 75 mg/dia para mulheres, enquanto a legislação brasileira vigente (BRASIL, 2012) regulamenta para que um alimento seja considerado “fonte” ou com “alto conteúdo” de vitaminas, o mesmo deve representar no mínimo 15% ou 30% da IDR (Ingestão Diária Recomendada), respectivamente, em 100 g ou 100 mL. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2012) nenhuma das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo analisadas pode ser considerada com “alto conteúdo” de vitamina C. As polpas de araçá-boi da *safra 3*, biri-biri da *safra 2* e mangostão-amarelo da *safra 1* seriam classificadas como “fonte” de vitamina C para o público feminino enquanto para o público masculino seriam as polpas de araçá-boi da *safra 3* e biri-biri da *safra 2*, já que a polpa de mangostão-amarelo da *safra 1*, representa apenas 12,8% da IDR de ácido ascórbico em 100 g da fruta.

As antocianinas estão entre os pigmentos mais importantes dos vegetais, sendo responsáveis pela coloração rosa, vermelha, violeta e azul de flores e frutas (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009). As polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo nativas e cultivadas no Bioma Amazônia analisadas nesta pesquisa não foram caracterizadas por pigmentos com essa coloração e apresentaram teores abaixo do limite de quantificação de 1 mg de antocianinas/100 g de polpa (Tabela 4). Silva et al. (2014) analisaram os compostos bioativos em polpas e coprodutos de frutas tropicais brasileiras e relataram teores também baixos de antocianinas em polpas das frutas graviola e sapoti.

**Tabela 4:** Compostos bioativos das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, arará-boi, biri-biri e mangostão-amarelo nas diferentes safras.

Parâmetros	Safras	Abiu Pequeno	Abiu Gigante	Achachairu	Aará-Boi	Biri-Biri	Mangostão-Amarelo
<b>Ácido Ascórbico (mg/100 g)</b>	1	3,06 (0,03) <sup>a</sup>	3,27 (0,12) <sup>a</sup>	5,59 (0,07)	5,57 (0,02) <sup>b</sup>	9,92 (0,30) <sup>b</sup>	11,52 (0,08) <sup>a</sup>
	2	2,88 (0,06) <sup>b</sup>	3,36 (0,01) <sup>a</sup>	n.a	5,54(0,02) <sup>b</sup>	17,80 (0,86) <sup>a</sup>	8,84 (0,09) <sup>b</sup>
	3	n.a	3,04 (0,05) <sup>a</sup>	n.a	18,39 (0,15) <sup>a</sup>	9,67 (0,39) <sup>b</sup>	3,71 (0,04) <sup>c</sup>
	4	n.a	1,91 (0,24) <sup>b</sup>	n.a	3,68 (0,27) <sup>c</sup>	9,45 (0,04) <sup>b</sup>	10,60 (0,45) <sup>b</sup>
	<b>Média</b>	2,97 (0,12)	2,89 (0,67)	5,59 (0,07)	8,30 (6,78)	11,71 (4,05)	8,67 (3,02)
<b>Antocianinas (mg/100 g)</b>	1	<1	n.a	<1	<1	<1	<1
	2	<1	n.a	n.a	n.a	<1	<1
	3	n.a	<1	n.a	<1	<1	<1
	4	n.a	<1	n.a	<1	<1	<1
	<b>Média</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Flavonoides Amarelos (mg/100 g)</b>	1	1,56 (0,03) <sup>b</sup>	n.a	5,55 (0,10)	2,55 (0,04) <sup>b</sup>	2,14 (0,04) <sup>b</sup>	50,47 (0,53) <sup>a</sup>
	2	3,22 (0,03) <sup>a</sup>	n.a	n.a	n.a	2,03 (0,02) <sup>b</sup>	36,43 (0,60) <sup>b</sup>
	3	n.a	5,08 (0,09) <sup>a</sup>	n.a	2,95 (0,04) <sup>a</sup>	3,03 (0,10) <sup>a</sup>	37,22 (2,76) <sup>b</sup>
	4	n.a	0,79 (0,05) <sup>b</sup>	n.a	1,14 (0,01) <sup>c</sup>	0,59 (0,03) <sup>c</sup>	54,38 (0,65) <sup>a</sup>
	<b>Média</b>	2,39 (1,18)	2,93 (3,03)	5,55 (0,10)	2,21 (0,95)	1,94 (0,99)	44,63 (7,92)
<b>Carotenoides Totais (µg β-caroteno/100 g)</b>	1	25,55 (0,07) <sup>b</sup>	n.a	61,40 (0,04)	380,77 (7,13) <sup>b</sup>	125,42 (3,73) <sup>b</sup>	165,48 (0,87) <sup>a</sup>
	2	52,16 (0,01) <sup>a</sup>	n.a	n.a	n.a	115,98 (2,07) <sup>b</sup>	109,75 (1,50) <sup>b</sup>
	3	n.a	69,02 (0,68) <sup>a</sup>	n.a	590,66 (7,67) <sup>a</sup>	182,50 (4,81) <sup>a</sup>	168,76 (1,23) <sup>a</sup>
	4	n.a	33,28 (5,02) <sup>b</sup>	n.a	251,97 (3,08) <sup>c</sup>	33,33 (2,00) <sup>c</sup>	95,31 (5,58) <sup>c</sup>
	<b>Média</b>	38,85 (18,82)	51,15 (25,27)	61,40 (0,04)	407,80 (170,95)	114,30 (61,46)	134,82 (32,72)
<b>Compostos Fenólicos Totais (mg EAG/100 g)</b>	1	172,75 (0,01) <sup>a</sup>	54,92 (0,02) <sup>b</sup>	341,70 (0,01)	122,78 (0,03) <sup>b</sup>	40,16 (0,01) <sup>b</sup>	100,55 (0,03) <sup>c</sup>
	2	61,65 (0,01) <sup>b</sup>	28,75 (0,02) <sup>d</sup>	n.a	n.a	30,52 (0,01) <sup>d</sup>	87,91 (0,01) <sup>d</sup>
	3	n.a	66,06 (0,01) <sup>a</sup>	n.a	157,10 (0,06) <sup>a</sup>	44,95 (0,01) <sup>a</sup>	208,35 (0,04) <sup>a</sup>
	4	n.a	48,24 (0,01) <sup>c</sup>	n.a	119,36 (0,03) <sup>b</sup>	34,89 (0,01) <sup>c</sup>	163,55 (0,02) <sup>b</sup>
	<b>Média</b>	117,20 (78,56)	49,49 (15,66)	341,73 (0,01)	133,08 (20,87)	37,63 (6,27)	140,09 (48,72)

Média (desvio padrão), n=3. <sup>a,b,c,d</sup> Letras minúsculas diferentes na mesma coluna (para um mesmo parâmetro) indicam médias estatisticamente diferentes pelos Teste T de Student ou de Tukey (p≤0,05). n.a = não avaliado (ausência de produtividade ou escassez de polpa). EAG: Equivalente em Ácido Gálico. *safra 1*: Correspondente ao período entre os meses de Novembro de 2012 a Fevereiro de 2013; *safra 2*: Correspondente ao período entre os meses de Junho de 2013 a Setembro de 2013; *safra 3*: Correspondente ao período entre os meses de Novembro de 2013 a Fevereiro de 2014 e *safra 4*: Correspondente ao período entre os meses de Junho de 2014 a Setembro de 2014.



**Figura 8:** Comportamento dos parâmetros de compostos bioativos das polpas das frutas do Bioma Amazônia em diferentes safras. a) ácido ascórbico, b) flavonoides amarelos, c) carotenoides totais, d) compostos fenólicos totais. *safra 1* (●), *safra 2* (●), *safra 3* (●) e *safra 4* (●).

Os teores de flavonoides amarelos variaram de 0,59 mg/100 g para a polpa de biri-biri da *safra 4* a 54,38 mg/100 g para a polpa de mangostão-amarelo da *safra 4*. A polpa de mangostão-amarelo em todas as safras apresentou teores de flavonoides amarelos maiores quando comparado às frutas: bacuri (16,9 mg/100 g), camu-camu (20,1 mg/100 g), mangaba (15 mg/100 g), murici (13,8 mg/100 g), umbu (6,9 mg/100 g) e uvaia (17,5 mg/100 g), analisadas por Rufino et al. (2010).

Os carotenoides constituem uma das classes de pigmentos naturais responsáveis pela cor amarelo ao vermelho de muitos alimentos, além de apresentar diversas funções biológicas, como atividade antioxidante e pró-vitamina A. O β-caroteno não é apenas o mais ativo carotenoides, mas também o mais amplamente distribuído na natureza (LIU, 2013; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; ROSSO; MERCADANTE, 2007). O teor de carotenoides totais variou de 25,55 µg β-caroteno/100 g para a polpa de abiu pequeno da *safra*

1 a 590,66  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno/100 g para a polpa de araçá-boi da safra 3. Garzón et al. (2012) relataram concentração de carotenoides totais de 806  $\mu\text{g}/100$  g para a polpa de araçá-boi, superior ao relatado nesta pesquisa.

Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan, (2008) relatam como fontes brasileiras ricas em carotenoides os alimentos que contêm mais de 20  $\mu\text{g}/\text{g}$  de carotenoides. Assim, nenhuma das polpas de frutas analisadas neste estudo pode ser considerada fonte rica em carotenoides. Tais autores descrevem ainda, o fato de que grande parte das frutas apresenta as maiores concentrações de carotenoides na parte externa (pele ou casca), com exceção da goiaba de polpa vermelha, em que o licopeno apresenta-se em maior teor na polpa. Esta condição de exceção é observada em nossa pesquisa, pois a polpa de araçá-boi foi a que apresentou maiores concentrações deste composto bioativo, enquanto o biri-biri, avaliado com a casca, não demonstrou teores de carotenoides totais elevados.

Os compostos fenólicos totais variaram de 28,75 mg EAG/100g a 341,73 mg EAG/100 g, para a polpa de abiu gigante da safra 2 e para a polpa de achachairu da safra 1, respectivamente. A polpa de achachairu apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos totais que as polpas de frutas exóticas do Nordeste brasileiro, sapoti (13,5 mg EAG/100 g) e murici (159,9 mg EAG/100 g) (ALMEIDA et al., 2011) e do que a polpa de achachairu analisada por Pimentel (2011) (104,58 a 264,43 mg EAG/100 g para as soluções extratoras, hidrometanólica e hidroacetônica, respectivamente. Vasco et al. (2008) propuseram uma classificação para as frutas segundo o conteúdo de polifenóis: baixo (< 100 mg EAG/100 g), médio (100-500 mg EAG/100 g) e alto conteúdo (> 500 mg EAG/100 g). Segundo esta classificação as polpas de abiu pequeno e mangostão-amarelo da safra 2, abiu gigante e biri-biri em todas as safras foram classificadas com baixo conteúdo de polifenóis, enquanto as polpas de abiu pequeno da safra 1, achachairu da safra 1, mangostão-amarelo das safras 1, 3 e 4, e o araçá-boi em todas as safras, com médio conteúdo deste composto bioativo. Esta classificação foi empregada em diversos artigos científicos que avaliaram compostos fenólicos totais em frutas (DE SOUZA et al., 2012; DE SOUZA et al., 2014; RUFINO et al., 2010).

De uma maneira geral observa-se (Tabela 4) que os teores de ácido ascórbico foram significativamente superiores para as polpas de abiu pequeno e mangostão-amarelo na safra 1, e para as polpas de biri-biri e araçá-boi nas safras 2 e 3, respectivamente. O conteúdo de flavonoides amarelos, carotenoides totais e compostos fenólicos totais foi superior significativamente para as polpas de abiu gigante, araçá-boi e biri-biri na safra 3. Além disso,

a polpa de mangostão-amarelo demonstrou teores estatisticamente superiores de compostos fenólicos totais na *safra 3*. A polpa de abiu pequeno apresentou teores significativamente superiores de compostos fenólicos totais na *safra 1*, e de carotenóides totais e flavonóides amarelos na *safra 2*. Comparando-se as safras para as polpas de uma mesma fruta, na *safra 4* os parâmetros flavonoides amarelos e carotenoides totais foram estatisticamente inferiores para as polpas de abiu gigante, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo (apenas quanto aos carotenoides totais); enquanto que na *safra 2*, os conteúdos de compostos fenólicos totais foram menores para as polpas de abiu pequeno, abiu gigante, biri-biri e mangostão-amarelo.

### 5.3 Atividade Antioxidante Total das Polpas de Frutas

Houve diferença significativa entre as polpas de uma mesma fruta analisadas em diferentes safras quanto a uma mesma metodologia para quantificar a atividade antioxidante total (Tabela 5), com exceção da metodologia FRAP para a polpa de biri-biri. A atividade antioxidante total variou, de 1,18  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g para a polpa de biri-biri na *safra 4* a 34,49  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g, para a polpa de achachairu na *safra 1*, quanto às análises realizadas pelo método ABTS, de 0,60  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g para a polpa de abiu-gigante na *safra 2* a 8,62  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g para a polpa de achachiru na *safra 1*, pelo método DPPH, e de 1,88  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g para a polpa de biri-biri na *safra 3* a 29,96  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g para a polpa de achachairu na *safra 1*, pelo método FRAP (Tabela 5 e Figura 9).

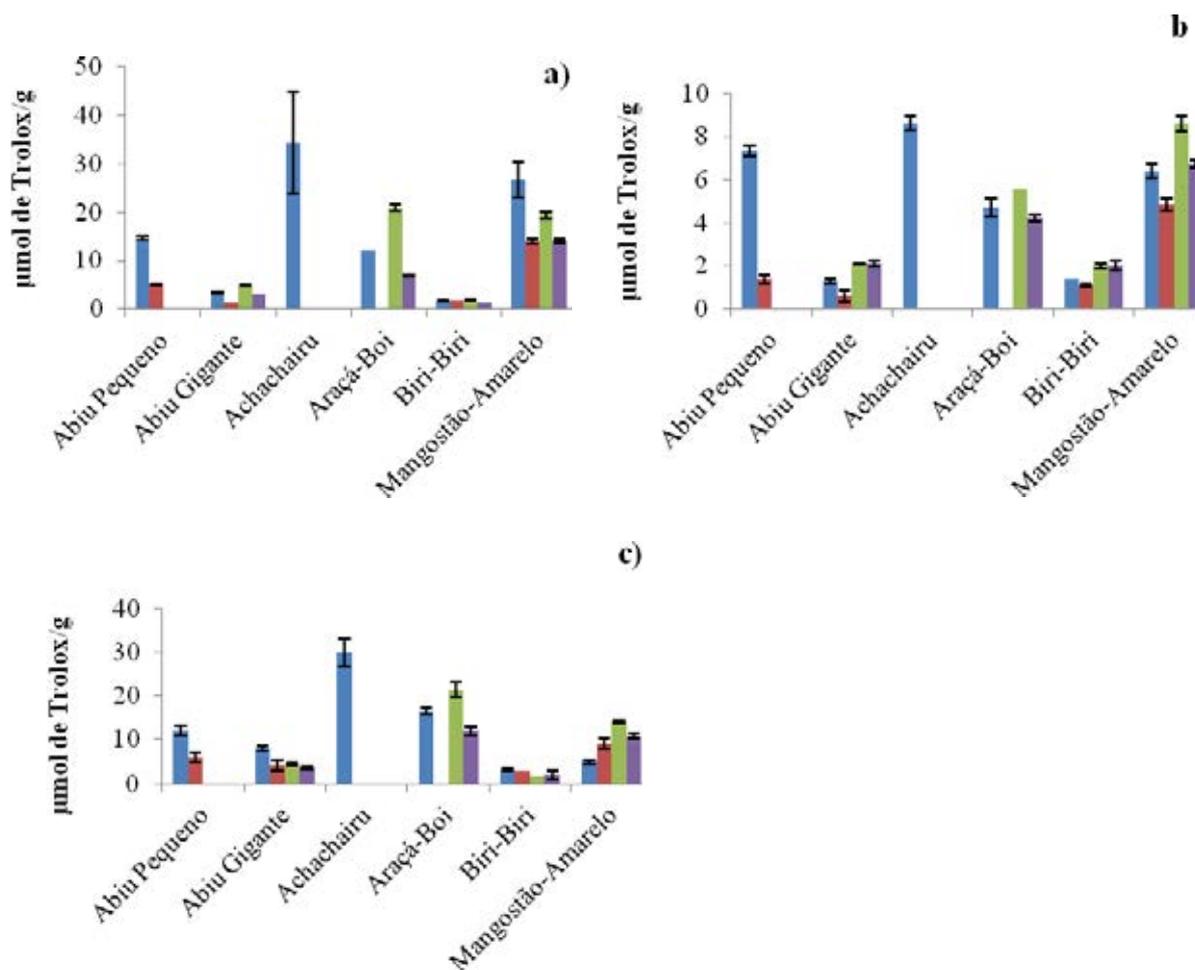
A polpa de achachairu apresentou os maiores valores de atividade antioxidante total para todas as metodologias, enquanto a polpa de biri-biri apresentou, em média, os menores teores, corroborando o relatado por Kuskoski et al. (2005) que apesar das diferenças metodológicas, os resultados obtidos com os métodos ABTS e DPPH, bem como FRAP, permitem alcançar conclusões praticamente similares.

Em relação à safra, a atividade antioxidante total foi significativamente superior para a polpa de abiu pequeno em todas as metodologias analisadas, para a polpa de mangostão-amarelo para a metodologia ABTS e para a polpa de abiu gigante quanto a metodologia FRAP, na *safra 1* (Tabela 5). Para a *safra 3*, as polpas de araçá-boi e abiu gigante apresentaram valores elevados de atividade antioxidante total para a metodologia ABTS, para as polpas abiu gigante e mangostão-amarelo quanto a metodologia DPPH, e para as polpas de araçá-boi e mangostão-amarelo para a metodologia FRAP.

**Tabela 5:** Atividade antioxidante total das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo nas diferentes safras.

Parâmetros	Safras	Abiu Pequeno	Abiu Gigante	Achachairu	Araçá-Boi	Biri-Biri	Mangostão-Amarelo
<b>ABTS</b> ( $\mu\text{mol de Trolox/g de polpa}$ )	1	14,59 (0,41) <sup>a</sup>	3,30 (0,25) <sup>b</sup>	34,49 (10,67)	12,10 (0,01) <sup>b</sup>	1,68 (0,21) <sup>a</sup>	26,70 (3,71) <sup>a</sup>
	2	5,18 (0,09) <sup>b</sup>	1,32 (0,01) <sup>c</sup>	n.a	n.a	1,83 (0,09) <sup>a</sup>	13,98 (0,63) <sup>c</sup>
	3	n.a	4,89 (0,07) <sup>a</sup>	n.a	20,97 (0,63) <sup>a</sup>	1,92 (0,03) <sup>a</sup>	19,43 (0,66) <sup>b</sup>
	4	n.a	3,19 (0,04) <sup>b</sup>	n.a	6,90 (0,10) <sup>c</sup>	1,18 (0,03) <sup>b</sup>	14,11 (0,38) <sup>c</sup>
	<b>Média</b>	9,88 (6,65)	3,17 (1,46)	34,49 (10,67)	13,32 (7,11)	1,65 (0,33)	18,55 (5,19)
<b>DPPH</b> ( $\mu\text{mol de Trolox/g de polpa}$ )	1	7,35 (0,26) <sup>a</sup>	1,29 (0,11) <sup>c</sup>	8,62 (0,35)	4,72 (0,40) <sup>ab</sup>	1,40 (0,01) <sup>b</sup>	6,41 (0,31) <sup>b</sup>
	2	1,38 (0,21) <sup>b</sup>	0,60 (0,26) <sup>d</sup>	n.a	n.a	1,09 (0,06) <sup>b</sup>	4,83 (0,30) <sup>c</sup>
	3	n.a	2,98 (0,02) <sup>a</sup>	n.a	5,57 (0,01) <sup>a</sup>	1,99 (0,14) <sup>a</sup>	8,59 (0,36) <sup>a</sup>
	4	n.a	2,09 (0,13) <sup>b</sup>	n.a	4,24 (0,15) <sup>b</sup>	2,01 (0,20) <sup>a</sup>	6,76 (0,17) <sup>b</sup>
	<b>Média</b>	4,36 (4,22)	1,51 (0,71)	8,62 (0,35)	4,84 (0,67)	1,62 (0,45)	6,64 (1,33)
<b>FRAP</b> ( $\mu\text{mol de Trolox/g de polpa}$ )	1	12,11 (1,12) <sup>a</sup>	7,97 (0,52) <sup>a</sup>	29,96 (3,23)	16,53 (0,72) <sup>b</sup>	3,23 (0,29) <sup>a</sup>	4,89 (0,48) <sup>c</sup>
	2	5,99 (1,17) <sup>b</sup>	4,15 (1,20) <sup>b</sup>	n.a	n.a	2,90 (0,04) <sup>a</sup>	9,05(1,14) <sup>b</sup>
	3	n.a	4,41 (0,18) <sup>b</sup>	n.a	21,30 (1,77) <sup>a</sup>	1,88 (0,05) <sup>a</sup>	14,07 (0,25) <sup>a</sup>
	4	n.a	3,56 (0,38) <sup>b</sup>	n.a	11,92 (1,06) <sup>c</sup>	2,02 (0,97) <sup>a</sup>	10,96 (0,55) <sup>b</sup>
	<b>Média</b>	9,05 (4,32)	5,02 (1,99)	29,96 (3,23)	16,58 (4,69)	2,51 (0,66)	9,74 (3,32)

Média (desvio padrão), n=3. <sup>a,b,c,d</sup> Letras minúsculas diferentes na mesma coluna (para um mesmo parâmetro) indicam médias estatisticamente diferentes pelos Teste T de Student ou de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). n.a = não avaliado (ausência de produtividade ou escassez de polpa). *safra 1*: Correspondente ao período entre os meses de Novembro de 2012 a Fevereiro de 2013; *safra 2*: Correspondente ao período entre os meses de Junho de 2013 a Setembro de 2013; *safra 3*: Correspondente ao período entre os meses de Novembro de 2013 a Fevereiro de 2014 e *safra 4*: Correspondente ao período entre os meses de Junho de 2014 a Setembro de 2014.



**Figura 9:** Comportamento da atividade antioxidante total das polpas das frutas do Bioma Amazônia em diferentes safras. a) ABTS, b) DPPH e c) FRAP. *safra 1* ●, *safra 2* ●, *safra 3* ● e *safra 4* ●.

Escassas são as informações na literatura científica quanto a atividade antioxidante total das frutas de abiu pequeno, abiu gigante e araçá-boi. O abiu, em pesquisa desenvolvida por Contreras-Calderón et al. (2011), apresentou atividade antioxidante total de 13,7 e de 21,0  $\mu\text{mol de Trolox/g}$ , para as metodologias FRAP e ABTS, respectivamente, valores estes superiores aos encontrados neste estudo para o abiu pequeno e gigante. Garzón et al. (2012) relataram valores menores de atividade antioxidante total que os deste estudo, para a polpa de araçá-boi, 1,2  $\mu\text{mol de Trolox/g}$  para o método de ABTS, 0,8  $\mu\text{mol de Trolox/g}$  para o método de DPPH e 3,5  $\mu\text{mol de Trolox/g}$  para o método de FRAP. Enquanto Contreras-Calderón et al. (2011) reportaram valores de atividade antioxidante total para o araçá-boi de 20,2  $\mu\text{mol de Trolox/g}$  pela metodologia ABTS e de 11,4  $\mu\text{mol de Trolox/g}$  pela metodologia de FRAP, valores estes semelhantes ao descrito por este trabalho para a *safra 3* quanto a metodologia ABTS e para a *safra 4* quanto a metodologia FRAP.

Destaca-se que houve grande variação no conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante total nas polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e

mangostão-amarelo nas diferentes safras analisadas, ocorrência não verificada para os parâmetros físico-químicos. Tais variações podem ser atribuídas às condições edafoclimáticas da região amazônica.

#### 5.4 Correlação e Análise dos Componentes Principais entre as Variáveis Estudadas

A Tabela 6 elucida os coeficientes de correlação para os teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, flavonoides amarelos, compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total para as polpas analisadas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo do Bioma Amazônia.

**Tabela 6:** Coeficientes de correlação entre os teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, flavonoides amarelos, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total para as polpas das frutas do Bioma Amazônia.

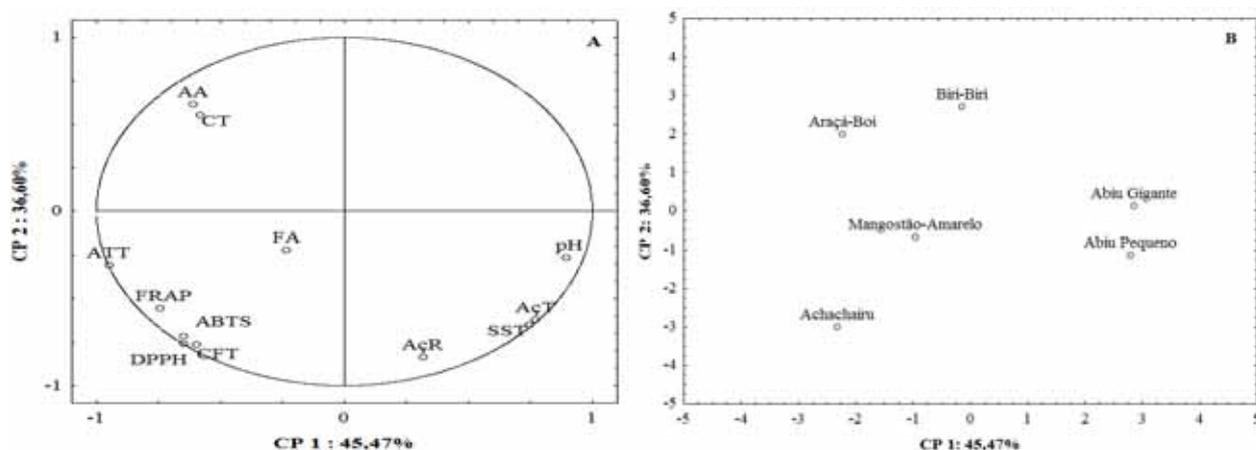
Parâmetros	Ácido Ascórbico	Flavonóides Amarelos	Carotenóides Totais	Compostos Fenólicos Totais	ABTS <sup>+</sup>	DPPH
Flavonóides Amarelos	0,253					
Carotenóides Totais	0,449	- 0,026				
Compostos Fenólicos Totais	- 0,166	0,085	- 0,064			
ABTS <sup>+</sup>	- 0,096	0,273	- 0,015	0,980 <sup>a</sup>		
DPPH	- 0,038	0,415	0,063	0,915 <sup>a</sup>	0,967 <sup>a</sup>	
FRAP	- 0,155	- 0,054	0,144	0,966 <sup>a</sup>	0,933 <sup>a</sup>	0,856 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Significante para  $p \leq 0,05$ .

Segundo Burgard e Kuznicki (1990) um coeficiente de correlação acima de 0,70 indica correlação forte entre as variáveis avaliadas. Os compostos fenólicos totais apresentaram forte correlação com a atividade antioxidante total pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP ( $r=0,980$ ,  $r=0,915$  e  $r=0,966$ , respectivamente,  $p \leq 0,05$ ) demonstrando que estes são os contribuintes mais importantes para a atividade antioxidante das polpas de frutas analisadas nesta pesquisa. Diversas pesquisas, como as desenvolvidas por Almeida et al. (2011), Kuskoski et al. (2005); Kuskoski et al. (2006); Mezadri et al. (2008); Omena et al. (2012) e Roesler et al. (2007), também relatam a ocorrência de correlação entre a atividade antioxidante total e os compostos fenólicos totais. Houve também forte correlação entre as

metodologias de determinação da atividade antioxidante ABTS, DPPH e FRAP, sugerindo, segundo Almeida et al. (2011), que os extratos de frutas apresentaram atividade antioxidante total comparável para as três avaliações.

Para uma melhor visualização das diferenças e similaridades dos resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e atividade antioxidante total das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo do Bioma Amazônia foi feita a Análise de Componentes Principais (ACP) podendo-se observar a projeção das variáveis (Figura 10 A) e o gráfico das amostras (Figura 10 B). Os dois primeiros componentes principais (CP) permitiram uma explicação de 82,07%. As polpas das frutas ficaram alocadas próximas dos parâmetros que as caracterizam. Assim, as polpas de abiu pequeno e gigante caracterizam-se por um maior teor de sólidos solúveis totais, açúcares totais e pH, enquanto a de mangostão-amarelo pelos maiores teores de flavonoides amarelos e a de achachairu, por maiores teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (ABTS, DPPH e FRAP). As polpas de araçá-boi foram caracterizadas por maiores teores de ácido ascórbico e carotenoides totais.



**Figura 10:** Análise dos componentes principais utilizando os parâmetros físico-químicos, de compostos bioativos e atividade antioxidante total das polpas de frutas do Bioma Amazônia: projeção das variáveis (A) e gráfico das amostras (B). AA: Ácido Ascórbico; Atividade Antioxidante Total: ABTS, DPPH e FRAP; AçR: Açúcares Redutores; AçT: Açúcares Totais, ATT: Acidez Total Titulável; CFT: Compostos Fenólicos Totais; CT: Carotenoides Totais; FA: Flavonoides Amarelos; SST: Sólidos Solúveis Totais.

## 6 CONCLUSÃO

A análise das características físico-químicas das polpas de abiu pequeno, abiu gigante, achachairu, araçá-boi, biri-biri e mangostão-amarelo procedentes do Bioma Amazônia em diferentes safras agrícolas permitiu verificar que houve variações principalmente para o conteúdo de compostos bioativos e para a atividade antioxidante total das polpas avaliadas. As *safras 1 e 3* caracterizaram-se por polpas com valores superiores de atividade antioxidante total, enquanto a *safra 2* por polpas com baixo conteúdo de compostos fenólicos totais. A *safra 3* apresentou, ainda, polpas com alto conteúdo de flavonoides amarelos, carotenoides totais e compostos fenólicos totais, e a *safra 4*, polpas com baixos teores de flavonoides amarelos e carotenoides totais. Tais variações podem ter sido influenciadas pelas condições edafoclimáticas da região amazônica.

A polpa de achachairu apresentou elevado conteúdo de compostos fenólicos totais com significativa atividade antioxidante, enquanto a polpa de araçá-boi caracterizou-se pelos altos teores de carotenóides totais e a polpa de mangostão-amarelo de flavonóides amarelos.

Ressalta-se assim, que estes resultados auxiliarão os pequenos produtores rurais da região amazônica brasileira a inserirem seus produtos em mercados que exigem qualidade assegurada, além de fornecer informações que permitirão o desenvolvimento de novos produtos com elevada concentração de nutrientes e valor agregado.

## REFERÊNCIAS

- ACIC. Associação Comercial e Industrial de Cacoal. **Classificação Climática da Cidade de Cacoal – RO**. Disponível em: <[http://acic.net.br/?page\\_id=37](http://acic.net.br/?page_id=37)>. Acesso em: 20/10/2013.
- ALMEIDA, E. J. et al. Propagação vegetativa do mangostãozeiro amarelo pelo método de enxertia. **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 68-71, 2008.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155-2159, 2011.
- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v. 115, p. 785–788, 2009.
- ANDRADE, C. A. et al. Determinação do conteúdo fenólico e avaliação da atividade antioxidante de *Acacia podalyriifolia* A. Cunn. Ex G. Don, Leguminosae-mimosoidae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 2, p. 231-235, abr.-jun., 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2009.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2014.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18.Ed. Washington, D.C., USA: AOAC International, 2005.
- ARAÚJO, E. R. et al. Caracterização físico-química do Biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.). **Biotema**, v. 22, n. 4, p. 225-230, 2009.
- ARUOMA, O. I. Methodological characterizations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. **Mutation Research**, v. 9-20, p. 523-524, 2003.
- ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. **Food Chemistry**, v. 81, p. 495–502, 2003.
- BARBOSA, E.; ARTIOLI, F. A. **A fruta achachairú**. 2007. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/achachairu/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/achachairu/index.htm)>. Acesso em: 15 de Novembro de 2013.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamina A in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, p.507-513, 1988.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC Nº 54, **Regulamento Técnico Mercosul sobre Informação Nutricional Complementar (Declarações de Propriedades Nutricionais)**. 12 de Novembro de 2012.

BRASIL. Portal Brasil. **Conheça os biomas brasileiros**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2009/10/biomas-brasileiros>>. Acesso em: 23/03/2015a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Amazônia**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 23/03/2015b.

BURGARD, D. R.; KUZNICKI, J. T. **Chemometrics: chemical and sensory data**. Boston: CRC Press. 196p, 1990.

BURTON-FREEMAN, B. Postprandial metabolic events and fruit-derived phenolics: a review of the science. **British Journal of Nutrition**, v.104, p. 1–14, 2010.

CALZAVARA, B. B. G. Fruteiras: Abieiro, Abricozeiro, Bacurizeiro, Biribazeiro, Cupuaçuzeiro. Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte. **Série culturas da Amazônia**, v. 1, p. 84, 1970.

CANUTO, G. A. B. et al. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p. 1196-1205, 2010.

CARTER, P. et al. Fruit and vegetables intake and incidence on type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. **British Medical Journal**, v. 341, p. 4229, 2010.

CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia. **Comunicado Técnico 139**, Outubro, 2005.

CASTAÑEDA-OVANDO, A. et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v. 113, p. 859–871, 2009.

CAVALCANTE, I. H. L.; JESUS, N.; MARTINS, A. B. G. Physical and chemical characterization of yellow mangosteen fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 325-327, agosto, 2006.

CHIRINOS, R. et al. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, v. 120, p. 1019–1024, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005.

CLERICI, M. T. P. S., CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 1658-1670, 2011.

CONTRERAS-CALDERÓN, J. et al. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, p. 2047–2053, 2011.

COSTA, A. G. V. et al. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal Functional Foods**, v. 5, p.539-549, 2013.

CRISTÉ, R. C. et al. The potential of extracts of *Caryocar villosum* pulp to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1740–1749, 2012.

CRISTÉ, R. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification and Quantification, by HPLC-DAD-MS/MS, of Carotenoids and Phenolic Compounds from the Amazonian Fruit *Caryocar villosum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 5884-5892, 2012.

CROWE, F. L. et al. Fruit and vegetables intake and mortality from ischaemic heart disease: result from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) – Heart study. **European Heart Journal**, v. 32, p. 1235-1243, 2011.

DANTAS, R. L. et al. Qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, p. 125-130, 2012.

DE SOUZA, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381-386, 2012.

DE SOUZA, V. R. et al. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362-368, 2014.

DUARTE, O. Achachairú (*Garcinia humilis*) (Vhal) C. D. Adam. **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, v. 54, p. 48-53, 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization. Top fruit producers and their productivity, FAO Statistical Yearbook, 2013.

FERREIRA, M. G. R.; RIBEIRO, G. D. Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia. **Comunicado Técnico 306**, Porto Velho – RO, Julho de 2006.

FOLIN, C.; CIOCALTEAU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 73, p. 627-650, 1927.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins in foods. In: Markakis P, **Anthocyanins as Food Colors**. New York, Academic Press, p. 181-207, 1982.

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

FU, M. et al. Antioxidant activity of *Garcinia xanthochymus* leaf, root and fruit extracts *in vitro*. **Chinese Journal of Natural Medicines**, v.2, p. 129–134, 2012.

GARZÓN, G. A. et al. Determination of carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity of Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) an Amazonian fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 4709-4717, 2012.

HASSIMOTO, N. M. A; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2928-2935, 2005.

HAMACEK, F. R.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Murici, fruit from the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and physicochemical characteristics, and occurrence and concentration of carotenoids and vitamins. **Fruits**, v. 69, p. 459-472, 2014.

HIANE, P. A. et al. Carotenóides pró-vitamínicos e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 206-209, 2003.

IBCE – Instituto Brasileiro de Comércio Exterior. **Perfil de mercado: Copoazú y Achachairú**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibce.org.bo>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/defout\\_terrt\\_areas.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/defout_terrt_areas.shtm)>. Acesso em: 16/10/2014.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids**. Washington (DC): National Academic Press, 2000.

JACOB, R. A.; SOTOUDEH, G. Vitamin C function and status in chronic disease. *Nutrition in Clinical Care*, v. 5, p. 66–74, 2002.

JANICK, J.; PAULL, R. E. *Rheedia laterifolia* – Achachairú. **The encyclopedia of Fruit & Nuts**. Cambridge, UK: CABI. p. 272-273, 2008.

JANZANTTI, N. S. et al. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit. **LTW - Food Science and Technology**, v. 46, p. 511 - 518, 2012.

JIMENEZ-GARCIA, S. N. et al. Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: biochemistry, biotechnology and genomics. **Food Research International**, v. 54, p. 1195-1207, 2013.

KANG, J. et al. Bioactivities of açai (*Euterpe precatória* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. **Food Chemistry**, v. 133, p. 671–677, 2012.

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

KOLAR, F. R.; KAMBLE, V. S.; DIXIT, G. B. Phytochemical constituents and antioxidant potential of some underused fruits. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5, p. 2067-2072, 2011.

- KOOLEN, H. H. F. et al. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L.) by UPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 51, p. 467–473, 2013.
- KUSKOSKI, E.M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.
- KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1283-1287, 2006.
- LIMA, I. J. E. de.; QUEIROS, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agropecuários**, Campina Grande, Especial, n. 1, p. 31-42, 2003.
- LIMA, M. et al. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. **Food Chemistry**, v. 161, p. 94–103, 2014.
- LIMA, V. L. A. G. DE; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S. Physicochemical characteristics of bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 421-423, agosto, 2001.
- LIU, R. H. Health benefits of fruits: implications for disease prevention and health promotion. **American Journal Clinical and Nutrition**, v.78, p. 517–520, 2003.
- LIU, R. H. Health-Promoting Components of Fruits and Vegetables in the Diet. **American Society for Nutrition**, v. 4, p. 384–392, 2013.
- LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas** (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.
- MACORIS, M. et al. The influence of ripening stage and cultivation system on the total antioxidant activity and total phenolic compounds of yellow passion fruit pulp. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1886-1891, 2012.
- MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of polyphenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, p. 417-425, 2013.
- MARIUTTI, L. R. B.; RODRIGUEZ, E.; MARCADANTE, A. Z. Carotenoids from *Byrsonima crassifolia*: Identification, quantification and in vitro scavenging capacity against peroxyl radicals. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 155–160, 2013.
- MEZADRI, T. et al. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 282– 290, 2008.
- NASCENTE, A. S.; NETO, C. R. **O agronegócio da fruticultura na Amazônia: um estudo exploratório**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005.

NASCIMENTO, W. M. O.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. **Propagação do Abieiro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

NERI-NUMA, I. A. et al. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia spitata* Mc Vaugh – Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, v. 50, p. 70-76, 2013.

OLIVEIRA, D. S. et al. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 33, p. 88-98, 2011.

OMENA, C. M. B. et al. Antioxidant, antiacetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 49, p. 334-344, 2012.

OYEBODE, O. et al. Fruit and vegetable consumption and all-cause, cancer and CVD mortality: analysis of Health Survey for England data. **Journal of Epidemiology & Community Health**, p. 1-7, 2014.

OZGEN, M. et al. Modified ABTS method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison FRAP and DPPH methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 1151-1157, 2006.

PATIL, A. G.; KOLI, S. P.; PATIL, D. A. Pharmacognostical standardization and HPTLC fingerprint of *Averrhoa bilimbi* (L.) fruits. **Journal of Pharmacy Research**, v. 6, p. 145 – 150, 2013.

PEREIRA, M. C.; et al. Characterization bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, p. 19-24, 2013.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. et al. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v.41, p. 274–285, 2008.

PHILIPPI, S. T. **Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição**. Barueri, SP: Manole, 2008.

PIMENTEL, M. R. F. **Caracterização qualitativa de frutos de achachairu (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) cultivados em Moreno – PE**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

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

REZAIRE, A. et al. Amazonian palm *Oenocarpus bataua* (“patawa”): Chemical and biological antioxidant activity – Phytochemical composition. **Food Chemistry**, v. 149, p. 62–70, 2014.

RIBEIRO, G. D. **Fruticultura tropical: uma alternativa para a agricultura de Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2006.

RIBEIRO, G. D.; FERREIRA, M. G. Comportamento inicial de duas fruteiras amazônicas e duas exóticas tropicais, em Porto Velho, Rondônia: abiu gigante (*Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk), araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh.), abricó (*Mammea americana* Jacq.) e rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). **Comunicado Técnico 355**. Embrapa Rondônia, Dezembro, 2008.

ROCHA, W. S. et al. Compostos fenólicos e taninos condensados em frutas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, dezembro, 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods**. Arlington: John Snow Inc./OMNI Project, 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington, DC: OMNI Research, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook of Carotenoids Analysis**. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. – Brasília: MMA/SBF, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid Composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 445– 463, 2008.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 53-60, jan.-mar., 2007.

RÓGEZ, H. et al. Chemical composition of the pulp three typical Amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **European Food Research Technology**, v. 218, p. 380-384, 2004.

ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Identification and Quantification of Carotenoids, By HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian Fruits. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 55, p. 5062-5072, 2007.

RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Comunicado Técnico 125**. Embrapa Fortaleza, Dezembro, 2006.

RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS.+. **Comunicado Técnico 128**. Embrapa Fortaleza, Julho, 2007a.

RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico 127**. Embrapa Fortaleza, Julho, 2007b.

- RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1022, 2010.
- SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v. 8, p. 121-137, 2002.
- SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.
- SILVA, M. L. C. et al. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 3, p. 669-682, 2010.
- SOUZA, P. A. et al. Caracterização físico-química de frutos de bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.) produzidos no estado do RN. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 270-273, jan./mar., 2011.
- SZAJDEK, A.; BOROWSKA, E. J. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 63, p. 147-156, 2008.
- THAIPONG, K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 669- 675, 2006.
- VALENTE, A. et al. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research International**, v. 44, p. 2237–2242, 2011.
- VALENTE, A. et al. Development of an orange juice in-house reference material and its application to guarantee the quality of vitamin C determination in fruits, juices and fruit pulps. **Food Chemistry**, v. 154, p.71–77, 2014.
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A., Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, p. 816-823, 2008.
- WANG, S. et al. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 14-22, 2011.
- WANG, Q. et al. Consumption of fruit, but not vegetables, may reduce risk of gastric cancer: Results from a meta-analysis of cohort studies. **European Journal of Cancer**, v. 50, n. 8, p. 1498-1509, 2014.
- WATERHOUSE, A. L. Folin-Ciocalteu Micro Method for Total Phenol in Wine, [Online]. Disponível em: <<http://waterhouse.ucdavis.edu/faqs/folin-ciocalteu-micro-method-for-total-phenol-in-wine>>, Acesso em: 30/10/2014.
- WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, v. 44, p. 3135–3148, 2011.
- YAHIA, E. M. The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health. In: ROSA L. A.; ALVAREZ-PARRILLA E.; GONZALEZ-AGUILARA G.A (Eds.). Fruit and vegetable phytochemicals chemistry nutritional value and stability, Wiley- Blackwell: Hoboken, 2010.

ZANATTA, C. F. et al. Determination of Anthocyanins from Camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 9531-9535, 2005.

ZANATTA, C. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu–camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, v. 101, p.1526–1532, 2007.