



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**Caracterização de frutos de genótipos de cirigueliras (*Spondias purpurea* L.)**

Recife

2011

QUÉSIA JEMIMA DA SILVA

**Caracterização de frutos de genótipos de cirigueleiras (*Spondias purpurea* L.)**

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima

CO-ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Enayde de Almeida Melo

Recife

2011

Ficha Catalográfica

S586c Silva, Quésia Jemima da  
Caracterização de frutos de genótipos de cirigueleiras  
(*Spondias purpúrea* L.) / Quésia Jemima da Silva. -- 2011.  
107 f. : il.

Orientadora: Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima.  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2011.  
Referências.

1. Ciriguela 2. Características físicas e químicas  
3. Atividade antioxidante 4. Tecnologia de alimentos  
5. Instituto Agrônomo de Pernambuco I. Lima, Vera Lúcia  
Arroxelas Galvão de, Orientadora II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**Caracterização de frutos de genótipos de cirigueiras**

**(*Spondias purpurea* L.)**

Por Quésia Jemima da Silva

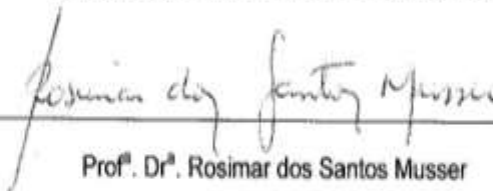
Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 28/02/2011 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

Banca Examinadora:



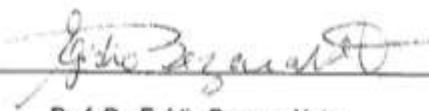
Profa Dra: Enayde de Almeida Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Rosimar dos Santos Musser

Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Egidio Bezerra Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICO:

A Deus, por tudo que Ele fez e faz na minha vida.

A minha mãe, pelo incentivo, carinho, compreensão e por sempre acreditar  
em mim.

A minha florzinha Elisa, pelo seu sorriso diário que tanto me incentivou.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que contribuíram para realização dessa etapa de minha vida, meu sincero reconhecimento e agradecimento, em especial:

A minha orientadora Professora Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima, por ter me aceitado como orientanda e ter torcido pelo meu sucesso desde a minha inscrição para a seleção no PGCTA; pela valiosa orientação e amizade durante todo o curso, pelos conhecimentos e ensinamentos e pela sua elevada competência;

A Professora Dr<sup>a</sup>. Enayde Melo pela orientação e apoio dado para o desenvolvimento desta pesquisa, pelo exemplo de competência e dedicação;

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – (FACEPE) pela bolsa concedida;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – (UFRPE), em especial ao Departamento de Ciências Domésticas pela oportunidade da realização do curso;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em especial a secretária Ana pelo carinho e disposição pra ajudar sempre;

As grandes amizades construídas na pós-graduação, Adriana Menezes, Aldenise Curvelo, Lídia Alencar, Maria Anunciada Porto (Lili) e Mariane Pacheco;

Aos professores do Departamento de Ciências Domésticas e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos;

As amigas do Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos da UFRPE, Flávia Jamille, Marília Gabriela, Joana, Renata e Rita pelo apoio durante as análises;

A colega de turma e amiga Aldenise (Deny) pelo grande apoio dado durante as análises químicas;

A minha querida amiga Lili (Maria Anunciada) pela contribuição na elaboração deste trabalho e por nossa amizade. Muito Obrigada!

Aos meus irmãos Eliab e Eliberto pelo apoio dado ao longo desta jornada.

A todas as pessoas citadas e aquelas que possa ter esquecido, o meu carinho e amizade.

**MUITO OBRIGADA!**

“Tudo posso naquele que me fortalece”

Fl. 4.13



## **RESUMO**

Diante da necessidade do desenvolvimento de estudos com frutas nativas do Brasil, esta pesquisa teve como objetivo determinar as características físicas e físico-químicas de frutos de 11 genótipos de cirigueleiras cultivadas no Banco Ativo de Germoplasma do IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco) e avaliar a sua capacidade antioxidante. Frutos maduros foram utilizados nas seguintes determinações: peso, diâmetro longitudinal e transversal, rendimento em polpa, ácido ascórbico, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), carboidratos totais e carotenóides totais. Extratos obtidos por extração sequencial utilizando metanol (80%) e acetona (80%) foram submetidos à quantificação de fenólicos totais e à determinação da atividade antioxidante utilizando o radical DPPH<sup>•</sup> (1,1-difenil-2-picrilhidrazina) e o radical ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico). Com relação às características físicas analisadas, não houve grandes variações entre os genótipos, no entanto, os genótipos IPA-1 e IPA-2 se destacaram por terem apresentado percentual de rendimento de polpa próximo a 80%. Com relação às características químicas, os resultados demonstraram que o genótipo IPA-1 exibiu o maior teor de ácido ascórbico (32,88 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa) e o genótipo IPA-7, maior concentração de carotenóides totais, expresso em β-caroteno (22,63 μg.g<sup>-1</sup> de polpa). Os maiores teores de SST e de ATT foram apresentados pelos genótipos IPA-9 e IPA-10 respectivamente; o genótipo IPA-4 apresentou maior relação SST/ATT, enquanto o genótipo IPA-6 se destacou, com maior teor de carboidratos solúveis totais (32,78 %, expresso em glicose). O teor de fenólicos totais do extrato obtido do genótipo IPA-10 diferiu estatisticamente dos demais por ter apresentado o maior teor deste fitoquímico (862,31 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa). Os extratos dos frutos de todos os genótipos apresentaram forte capacidade de sequestro de radical DPPH<sup>•</sup>. A ação antioxidante do extrato dos frutos do genótipo IPA-10 (6.633,87 μM TEAC.g<sup>-1</sup>) frente ao radical ABTS<sup>•+</sup> foi, estatisticamente, superior aos demais genótipos, que no entanto ainda apresentaram ação antioxidante apreciável. Desta forma, o consumo da ciriguela é uma alternativa para obtenção de antioxidante natural, propiciando, portanto, benefícios à saúde.

**Palavras-chave:** Ciriguela; características físicas e químicas; atividade antioxidante.

## **ABSTRACT**

Faced with the need to develop studies with fruit native to Brazil, the aim of this research was to determine the physical and physico-chemical characteristics of red mombin fruits from 11 genotypes cultivated in the Active Germplasm Bank of the IPA (Institute of Agronomic Pernambuco) and evaluate the antioxidant capacity. Mature fruits were used for the following determinations: weight, longitudinal and transverse diameter, pulp yield, ascorbic acid, pH, total soluble solids (TSS), total titrable acidity (TTA), total soluble carbohydrate and total carotenoids. Extracts obtained by sequential extraction using methanol (80%) and acetone (80%) were used to measure the total phenolics and antioxidant activity by using DPPH<sup>•</sup> (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazine) and ABTS<sup>•+</sup> (2, 2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazol-6-sulfonic acid) radicals. With respect to the physical characteristics, there was no wide variation among genotypes, however, genotypes IPA-1 and IPA-2 genotypes stood out from others because they showed the percentage of pulp yield close to 80%. With respect to chemical characteristics, the results showed that IPA-1 genotype exhibited the highest ascorbic acid content (32.88 mg.100g<sup>-1</sup> pulp) and the IPA-7 genotype, the highest concentration of total carotenoids expressed as  $\beta$ -carotene (22.63  $\mu$ g.g<sup>-1</sup> pulp). The highest levels of TSS and TTA were presented respectively by IPA-9 and IPA-10 genotypes, respectively; the IPA-4 genotype had the highest TSS/TTA, while the IPA-6 genotype stood out from others with higher content of total soluble carbohydrates (32.78% expressed as glucose). The total phenolic content of the extract obtained from the IPA-10 genotype differed significantly from the others since it presented the highest level of this phytochemical (862,31 mg EAG.100g<sup>-1</sup> pulp). The fruit extracts of all genotypes showed strong scavenging capacity of DPPH<sup>•</sup>. The antioxidant extract of the IPA-10 genotype fruits (6.633, 87  $\mu$ M TEAC.g<sup>-1</sup>) with respect to ABTS<sup>•+</sup> radical was statistically high to the other genotypes, however, they still showed appreciable antioxidant activity. Therefore, the consumption of red mombin fruit is a natural alternative antioxidant intake, providing health benefits.

**Keywords:** antioxidant activity; red mombin; physical and chemical characteristics.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	17
4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1. ARTGO I Caracterização físico-química de frutos de cirigueleiras ( <i>Spondias purpurea</i> L.) cultivadas no Banco de Germoplasma do IPA (Instituto Agronômico de Pernambuco) em Itambé-PE.....	49
5.2. ARTGO II Compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutos de cirigueleiras ( <i>Spondias purpurea</i> L.) cultivadas no Banco de Germoplasma do IPA (Instituto Agronômico de Pernambuco) em Itambé-PE.....	77
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	107

## 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira é uma atividade importante na fixação do homem a terra, possibilitando uma exploração intensiva das áreas de produção; demandando mão-de-obra, constituindo-se em uma expressiva fonte geradora de empregos (SILVA JUNIOR; BEZERRA; LEDERMAN, 2008).

A sua importância não se restringe apenas ao setor primário da economia, mas também para a indústria e o comércio, proporcionando alto valor agregado aos produtos vegetais, como as frutas, destinadas ao consumo 'in natura' ou industrializadas (SILVA JUNIOR; BEZERRA; LEDERMAN, 2008).

Avanços significativos têm sido registrados, consolidados no aumento da produção, da produtividade e na melhoria da qualidade dos frutos, como laranja, banana, manga, uva e maçã; no entanto, a participação de frutas tropicais, como as nativas e exóticas, é praticamente nula (LEDERMAN *et al.*, 2008). Muitas delas, em razão do seu caráter essencialmente extrativista, ainda permanecem na condição de cultivos não domesticados, para os quais não existem sistemas de produção definidos (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

Neste contexto se insere a cirigueira (*Spondias purpurea* L.), frutadeira tropical pertencente à família Anacardiaceae (FILGUEIRAS *et al.*, 2000), originária da América Central, disseminada no México, Caribe e em vários países da América do Sul, inclusive no Brasil, com grande potencial econômico (DONADIO *et al.*, 1998). Além da coloração atrativa do fruto, a ciriguela possui excelente sabor exótico e adocicado, sendo consumida 'in natura' (FILGUEIRAS *et al.*, 2001).

No Nordeste brasileiro, a safra da ciriguela ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro. Sua exploração é extrativista e se concentra nas regiões nordestinas semi-áridas do Agreste e Sertão, e em menor

proporção nas regiões da Zona da Mata (PINTO, 1997). A comercialização dos frutos, colhidos de forma extrativista, representa uma fonte importante de emprego e renda para muitas famílias da região (DONADIO *et al.*, 1998).

Nos últimos anos o consumo de frutas na alimentação humana tem deixado de ser somente um prazer para converte-se em uma necessidade, em função dos nutrientes e compostos com ações benéficas (BORGUINI, 2006), como os antioxidantes, sendo os mais abundantes em frutas a vitamina C, os polifenóis e os carotenóides (LEONG; SHUI, 2002).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que estes compostos presentes nas frutas e em hortaliças atuam na prevenção de doenças degenerativas como câncer, artrite, aterosclerose, doenças cardíacas, disfunção cerebral e aceleração do processo de envelhecimento (PRIOR *et al.*, 1998; KAUR; KAPOOR, 2002).

Apesar da importância econômica destes frutos, há carência de pesquisas visando à geração de tecnologias que permitam a exploração racional em cultivos comerciais, a começar pela seleção de matrizes produtivas cujos frutos possuam características desejáveis para consumo 'in natura' e para indústria. (SACRAMENTO *et al.*, 2006).

Nesse sentido, pesquisas com frutos de cirigueleiras são necessários para gerar conhecimentos sobre sua composição, com o intuito de ampliar o consumo, o potencial de comercialização e consequentemente agregar valor a este fruto.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

- Caracterizar os frutos de genótipos de cirigueiras cultivadas no Banco de Germoplasma do Instituto Agronômico de Pernambuco, localizado em Itambé, região da Mata Norte.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar peso do fruto, diâmetro longitudinal e transversal, e o percentual de rendimento em suco;
- Determinar o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH e carboidratos solúveis;
- Quantificar os principais compostos bioativos;
- Determinar a capacidade antioxidante nos extratos obtidos.



### **3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

#### **3.1. ASPECTOS GERAIS DA CIRIGUELEIRA**

No Brasil, o cultivo comercial de cirigueleira (*S. purpurea* L.) é pouco expressivo, sendo encontrado em alguns pomares da região Sudeste, Norte e Nordeste (DONADIO; NACHTIGAL; SACRAMENTO, 1998). A planta adulta raramente excede a 7,0 metros. As inflorescências da cirigueleira são panículas terminais, ramificadas com flores masculinas, femininas e hermafroditas. Uma planta produz em média 100 quilos da fruta por safra, cada fruto pesa 15 a 20 gramas e o rendimento em polpa chega a 50% do seu peso (FILGUEIRAS; MOURA; ALVES, 2000).

O fruto é uma drupa elipsoidal de 3 a 5 cm de comprimento, casca lisa e brilhante, com coloração que varia da cor amarela até vermelha e epicarpo firme. O mesocarpo é carnoso, medindo 5 a 7 mm de espessura, é doce, ácido e de sabor muito agradável (DONADIO; NACHTIGAL; SACRAMENTO, 1998).

A cirigueleira é encontrada produzindo em locais de clima tropical e subtropical, em solos bem drenados. Apesar de não ter se fixado como uma cultura explorada na forma de pomares comerciais no Brasil, a cirigueleira possui um grande potencial econômico (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

De acordo com Souza (1999) a ciriguela, umbu-cajazeira e umbuguela praticamente não se propagam via sexual, em virtude da maioria dos seus endocarpos serem desprovidos de sementes. Desse modo, as cirigueleiras existentes no Brasil são provavelmente clones de possíveis variações existentes nos frutos que podem ter sido decorrentes das condições edafoclimáticas ou mutações naturais.

### 3.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A ciriguela, com sua excelente qualidade organoléptica, é muito apreciada no Nordeste brasileiro (MARTINS *et al.*, 2003; FIGUEIREDO; PASSADOR; COUTINHO, 2006), sendo utilizada para o preparo de sucos, sorvetes, geléias e compotas e também no preparo de bebidas fermentadas, vinhos e bebidas geladas (FIGUEIREDO; PASSADOR; COUTINHO, 2006). É fonte de carboidratos e alguns minerais, assim como também de carotenóide com atividade de pro vitamina A (FIGUEIREDO; PASSADOR; COUTINHO, 2006).

Algumas pesquisas têm sido realizadas com objeto de desenvolver métodos de processamento e conservação da ciriguela de modo a reduzir perdas no pico das safras, bem como agregar valor a este fruto. Souza Filho *et al.* (2000) avaliaram formulações de néctares de frutas nativas das regiões Norte e Nordeste do Brasil, dentre elas a ciriguela. Os resultados demonstraram excelente aceitação sensorial com possibilidades promissoras de utilização destes frutos.

Em 2002, Muniz *et al.* desenvolveram bebidas fermentadas, a partir de frutos tropicais, incluindo a ciriguela enquanto que Souza Filho *et al.* (2002) avaliaram o processamento e a comercialização de frutos de mangaba, cajá, ata, araçá-boi, ciriguela, camu-camu e sapoti na forma de néctar, obtendo resultados satisfatórios que possibilitam o desenvolvimento agroindustrial dos produtores das regiões Norte e Nordeste brasileiras.

### 3.3. ATRIBUTOS DE QUALIDADE DOS FRUTOS

Os atributos de qualidade em frutos são de fundamental importância para o desenvolvimento de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para boa aceitação do produto por parte do consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O peso se correlaciona bem com o tamanho do fruto e constitui uma característica varietal que está relacionado linearmente com o seu grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento, exceto quando se encontra em estágio avançado de maturação, quando apresenta tendência a perder massa fresca em decorrência do maior teor de umidade e de maior permeabilidade da casca (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Hernandez *et al.* (2008) avaliando os sistemas de produção silvestres e domésticos de ciriguela no centro-oeste do México observaram que o peso dos frutos das variedades analisadas variaram de 3,8 a 6,3 g respectivamente.

O tamanho e a forma são atributos importantes, pois a variação entre as unidades individuais de um produto pode afetar a escolha desse produto pelo consumidor. O diâmetro longitudinal e o transversal representam, em conjunto, o tamanho e a sua relação confere a idéia da forma do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Caracterizando os frutos de genótipos de cirigueliras cultivados no Banco Ativo de Germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Itambé, Zona da Mata de Pernambuco, colhidos em 1999; 2001; 2002; 2005 e 2006, nos meses de fevereiro e março de cada ano, Lira Junior *et al.* (2010) observaram que os diâmetros longitudinais e transversais variaram de 34,17 a 30,77 mm e de 25,10 a 21,97 mm, respectivamente.

Hernandez *et al.* (2008) avaliando os sistemas de produção silvestres e domésticos de ciriguela no centro-oeste do México observaram

que a razão diâmetro longitudinal e transversal variaram de 0,74 a 0,91 mm, indicando a tendência destes frutos a serem globulosos.

O rendimento de um fruto é um parâmetro importante de qualidade, o qual é obtido pelas proporções entre a casca, a polpa e a semente ou caroço. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a proporção entre o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo (caroço) é de interesse em algumas frutas, podendo ser utilizada, em conjunto com outras características, como índice de maturação ou como indicativo de rendimento da matéria-prima.

Donadio; Nachtigal; Sacramento (1998) em estudos efetuados com ciriguelas produzidas na Bahia observaram um rendimento médio da polpa de 85,13%. Diferentemente de Filgueiras, Moura, Alves (2000) que ao estudarem ciriguelas produzidas no Ceará, observaram um rendimento médio da polpa de 70,2%. Alguns estudos têm demonstrado que o rendimento em polpa de um fruto está correlacionado com a casca x polpa e caroço x polpa (NEVES; CARVALHO, 2005). Desta forma, plantas cujos frutos apresentam maior caroço, também apresentariam menores rendimentos de polpa e de casca. No entanto, segundo Neves e Carvalho (2005) esse é um comportamento generalizado, existindo exceções, tornando o trabalho de seleção mais difícil. Apesar das dificuldades, tem-se relatado grandes avanços na seleção de plantas com alta produtividade e relação caroço/polpa.

### **3.3.1. SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)**

O índice de maturidade de alguns frutos é estabelecido pelos teores de Sólidos Solúveis (SS) que segundo Chitarra e Chitarra (2005) indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco, sendo constituído por 65 a 85% de açúcares.

O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida indireta do conteúdo de açúcares, pois seu valor aumenta de acordo com o grau de maturação dos frutos. Apesar de os açúcares serem os mais representativos, a exatidão da medida também é afetada pela presença de outras substâncias que se encontram dissolvidas no conteúdo celular como, vitaminas, compostos fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, entre outras (CHITARRA; ALVES, 2001).

Hernández *et al.* (2008) estudando agroecossistemas de ciriguelas no Centro-Oeste do México relataram que, em populações dos frutos silvestres e domesticados, o teor de sólidos solúveis apresentou variações de 7,0 a 15,5 °Brix, destacando os frutos de agroecossistemas domesticados por apresentarem teores mais elevados. No entanto, Lira Junior *et al.* (2010) em estudo com clones dos 11 genótipos de cirigueleiras do Banco Ativo de Germoplasma em Itambé-PE, relataram valores mais elevados, sendo o valor médio de sólidos solúveis encontrado de 19,94 °Brix.

### **3.3.2 ACIDEZ TITULÁVEL (AT) e pH**

A Acidez Titulável (AT) e o pH são os principais parâmetros utilizados para medir a acidez de frutos. A AT determina o percentual de ácidos orgânicos, enquanto o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução (ARAÚJO, 2005).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a acidez em vegetais é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células. Os ácidos mais abundantes em frutas são o ácido cítrico e o málico, havendo predominância desses ou de outros, de acordo com a espécie. A acidez diminui com o amadurecimento até atingir um conteúdo tal que, juntamente com os açúcares, fornece à

fruta o seu sabor característico, que varia de acordo com a espécie (CHITARRA; ALVES, 2001).

Filgueiras *et al.* (2001) encontraram em frutos de cirigueleiras oriundas do Crato/CE, em três estádios de maturação (verde, amarelo e vermelho) valores de ATT de 0,93; 0,63 e 0,62%, respectivamente, indicando que, à medida que a maturação evolui, ocorre uma redução dos ácidos presentes nos frutos.

Vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microorganismos, escolha da temperatura de esterilização, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria, escolha de aditivos, entre outros (CHAVES, 1993).

Hernández *et al.* (2008) estudando agroecossistemas de ciriguelas no Centro-Oeste do México encontraram valores de pH que variaram de 3,3 nas variedades cultivadas e de 2,7 nas variedades silvestres.

#### **3.3.4. RELAÇÃO SST/ATT**

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) os açúcares solúveis são, através do balanço com os ácidos, os responsáveis pela doçura e pelo “flavor”. Araújo (2005) ressalta que a relação SST/ATT é um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação dos frutos, pois, além de indicar o sabor dos mesmos, através do balanço açúcares/ácidos, pode-se estabelecer níveis mínimos de SST e máximos de ATT para que se efetue a colheita dos frutos, visando um amadurecimento adequado dos mesmos.

Filgueiras *et al.* (2001) estudando frutos de cirigueleiras oriundas do Crato, Ceará, em diferentes estádios de maturação (verde, amarelo e

vermelho) encontraram relação SST/ATT de 7,62; 26,70 e 34,32. Segundo os autores esta relação SST/ATT aumentou significativamente, principalmente, pelo aumento do teor de SST.

### 3.5. COMPOSTOS FITOQUÍMICOS

#### 3.5.1. VITAMINA C

Vitamina C é um composto hidrossolúvel que pode ser sintetizado a partir da D-glicose ou D-galactose por plantas e muitas espécies de animais com exceção dos primatas e de certas aves, e por isso, ela deve ser adquirida a partir da dieta (RIBEIRO; SEVARALLI, 2004; LEE; KADER, 2000).

Esta vitamina exerce importante papel na biossíntese de corticóides e catecolaminas. Participa na síntese e manutenção dos tecidos e age na formação dos ossos, dentes e sangue, interferindo no metabolismo do ferro, glicose e glicídios (LEE; KADER, 2000).

Em estudo com ciriguelas oriundas do Crato/CE, em diferentes estádios de maturação (verde, amarelo e vermelho) Filgueiras *et. al.* (2001) encontraram teores de vitamina C de 46,06; 33,21 e 34,01 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa, respectivamente. Estes valores são próximos dos relatados por Koziol e Macía (1998) que avaliando a composição química, nutricional e perspectivas econômicas de ciriguelas cultivadas na região norte do Equador, encontraram um teor desta vitamina de 49 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa na porção comestível do fruto.

### 3.5.2. CAROTENÓIDES

Os carotenóides são pigmentos lipossolúveis, amarelos, laranjas e vermelhos, presentes em muitas frutas e hortaliças. Em plantas superiores, estão localizados em organelas subcelulares como nos cloroplastos e cromoplastos. Nos cloroplastos, esses pigmentos encontram-se associados principalmente às proteínas e são, normalmente, encobertos pela presença de outros pigmentos clorofílicos dominantes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

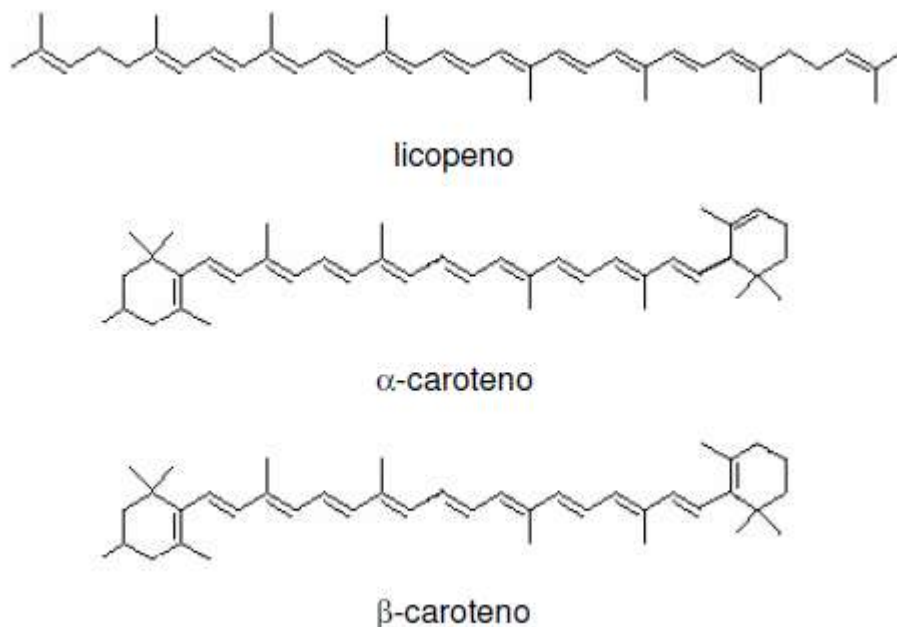
Atuam como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese e como estabilizadores de membranas. Nos cromoplastos, eles são depositados na forma cristalina, como nos tomates e cenouras ou como gotículas de óleo, na manga e na páprica (KURZ, CARLE; SCHIEBER, 2008).

Os vegetais contêm uma ampla variedade de carotenóides. Os exemplos mais comuns são: tomates (licopeno), cenouras ( $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno), milho (luteína e zeaxantina), pimentas vermelhas (capsantina), urucum (bixina) (MELENDEZ-MARTINEZ, VICARIO, HEREDIA, 2004).

Os carotenóides são biosintetizados principalmente por algas no oceano, por microorganismos e por plantas. Os animais não os sintetizam, porém, podem obtê-los a partir do consumo de alimentos fonte. O conteúdo de carotenóides nas frutas e hortaliças depende de vários fatores como: variedade genética, estágio de maturação, armazenamento pós-colheita, processamento e preparo (CAPECKA, MARECZEK; LEJA, 2005).

Do ponto de vista químico, carotenóides são compostos poliisoprenóides e podem ser divididos em dois grandes grupos: (a) carotenos ou carotenóides hidrocarbonos: compostos apenas de carbono e hidrogênio (ex.  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno e licopeno) e (b) xantofilas: que são derivados oxigenados dos carotenos e contém pelo menos uma função hidroxil, ceto, epóxi, metoxi ou ácido carboxílico (ex. luteína, zeaxantina e astaxantina) (QUIRÓS; COSTA, 2006) (Figura 1).





**Figura 1.** Estrutura química dos carotenos ou carotenóides hidrocarbonos.

Devido ao grande número de ligações dienos conjugadas, o licopeno é, entre os carotenóides naturais, um dos mais potentes antioxidantes, agindo como sequestrador de oxigênio *singlet*. Esse composto também é capaz de reduzir a mutagênese e, em concentrações fisiológicas, pode inibir o crescimento de células humanas cancerígenas, especialmente em câncer de próstata, sem evidência de efeitos tóxicos ou apoptose celular. Uma das fontes vegetais mais ricas em licopeno é o tomate (SCOLASTICI *et al.*, 2007; BLUM *et al.*, 2005).

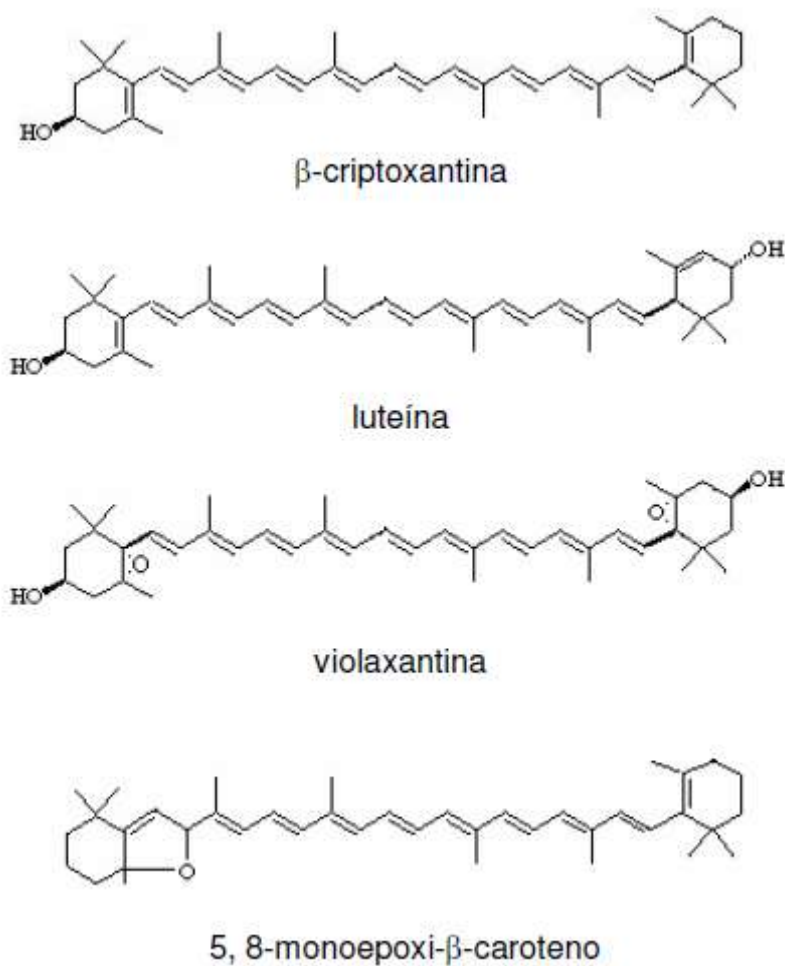
O  $\beta$ -caroteno é o carotenóide que possui maior atividade de provitamina A e é o mais comumente encontrado em diversos vegetais como cenoura, abóbora, manga e mamão (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008). Street *et al.* (1994) relataram uma significativa associação entre baixas concentrações de  $\beta$ -caroteno no plasma e aumento da incidência de infarto do miocárdio. Uma dieta rica em  $\beta$ -

caroteno foi associada ao menor risco de morte prematura devido às doenças coronarianas (BELLIZI *et al.*, 1994).

Os alimentos vegetais fontes de  $\beta$ -caroteno são o buriti ( $360 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1995), batata doce variedade Acadian e Centennial ( $218$  e  $149 \mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente) (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO, 1992), abóbora variedade Baianinha ( $150 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (ARIMA; RODRIGUEZ-AMAYA, 1990), caruru ( $110 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (MERCADANTE; RODRIGUEZ-AMAYA, 1990) e tucumã ( $107 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1994).

O processo de hidroxilação de  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno resulta na formação da luteína e zeaxantina, respectivamente, que possuem atividade de provitamina A. Com a maturação dos frutos, ocorre a conversão da luteína e da zeaxantina, resultando na diminuição dos níveis de  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno (SANTOCONO *et al.*, 2007; MARINOVA; RIBAVORA, 2007).

As fontes de luteína são vegetais verdes folhosos como a rúcula ( $76 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (NIIZU; RODRIGUEZAMAYA, 2005), espinafre ( $68 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005), almeirão ( $57 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) e agrião ( $56 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (KIMURA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).



**Figura 2.** Estruturas de xantofilas.

### 3.5.3. COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina, originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, e são, principalmente, sintetizados em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004; GIADA; MANCINI FILHO, 2006).

Quimicamente, os compostos fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (GIADA; MANCINI FILHO, 2006).

Englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais (BRAVO, 1998).

À luz destas diferenciações, King; Young relataram em 1999 a existência de cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. Essa grande diversidade estrutural dos compostos fenólicos devido à grande variedade de combinações resulta em várias classes como pode ser observado na Tabela 1.

Em alimentos, esses compostos são responsáveis pela cor, adstringência, aroma (PELEG; BODINE; NOBLE, 1998) e estabilidade oxidativa (NACZK; SHAHIDI, 2004). As principais fontes de compostos fenólicos são as frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, mas também estão presentes em outros vegetais, a exemplo da cereja, uva, ameixa, pêra, maçã, mamão, pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005; ABE *et al.*, 2007).

Compostos largamente distribuídos no reino vegetal, os flavonóides encontram-se presentes em frutas, folhas, sementes e em outras partes da planta na forma de glicosídios ou agliconas. São compostos de baixo peso molecular, consistindo em 15 átomos de carbono, organizados na configuração C6–C3–C6 (ANGELO; JORGE, 2007).

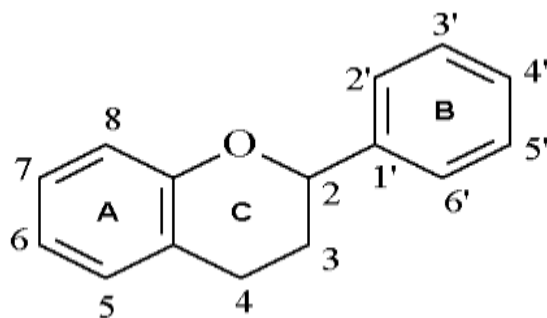
**Tabela 1.** Classe de compostos fenólicos em plantas

Classe	Estrutura
Fenólicos simples, benzoquinonas	$C_6$
Ácidos hidroxibenzóicos	$C_6-C_1$
Acetofenol, ácidos fenilacéticos	$C_6-C_2$
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilpropanóides	$C_6-C_3$
Nafitoquinonas	$C_6-C_4$
Xantonas	$C_6-C_1-C_6$
Estilbenos, antoquinonas	$C_6-C_2-C_6$
Flavonóides, isoflavonóides	$C_6-C_3-C_6$
Lignanas, neolignanas	$(C_6-C_3)_2$
Biflavonóides	$(C_6-C_3-C_6)_2$
Ligninas	$(C_6-C_3)_n$
Taninos condensados	$(C_6-C_3-C_6)_n$

**Fonte:** Harborne (1989); Harborne, Baxter, Moss (1999) citados por Angelo; Jorge (2007).

De acordo com Aherne e O'brien (2002), a estrutura química dos flavonóides está baseada no núcleo flavilium, o qual consiste de três anéis fenólicos. O benzeno do primeiro anel é condensado com o sexto carbono do terceiro anel, que na posição 2 carrega um grupo fenila como substituinte. O terceiro anel pode ser um pirano heterocíclico, gerando as estruturas básicas das leucoantocianinas e das antocianidinas, denominado de núcleo flavana.

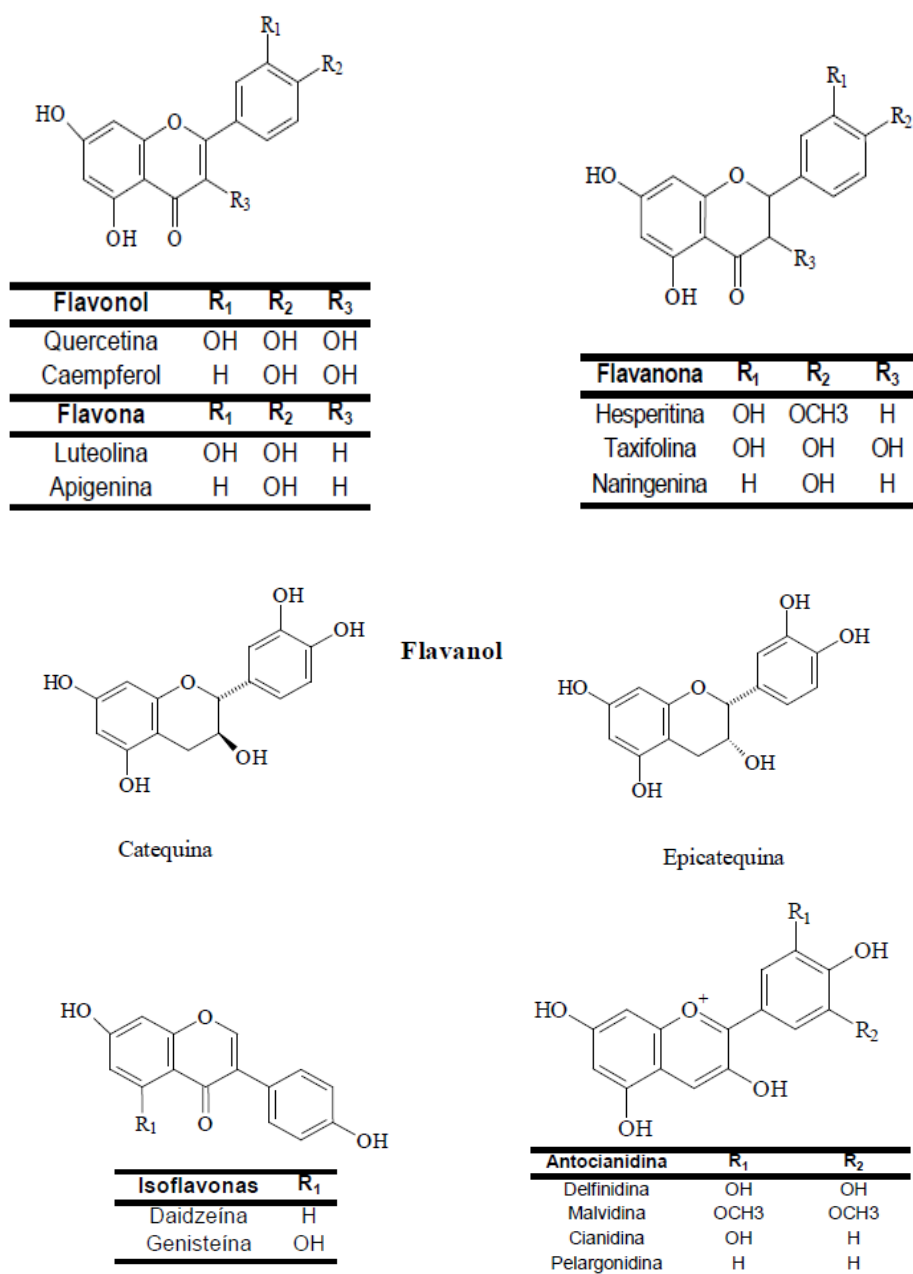
Devido ao fato do terceiro anel apresentar-se como uma pirona, ocorre a formação das flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, chalconas e auronas, recebendo a denominação de núcleo 4-oxo-flavonóide (AHERNE, O'BRIEN, 2002).



**Figura 3.** Estrutura química dos flavonóides.

A distribuição dos flavonóides nos vegetais depende de diversos fatores de acordo com a fila/ordem/família do vegetal, bem como da variação das espécies. Geralmente, flavonóides encontrados nas folhas podem ser diferentes daqueles presentes nas flores, nos galhos, raízes e frutos. O mesmo composto ainda pode apresentar diferentes concentrações dependendo do órgão vegetal em que se encontra (WALLE, 2004).

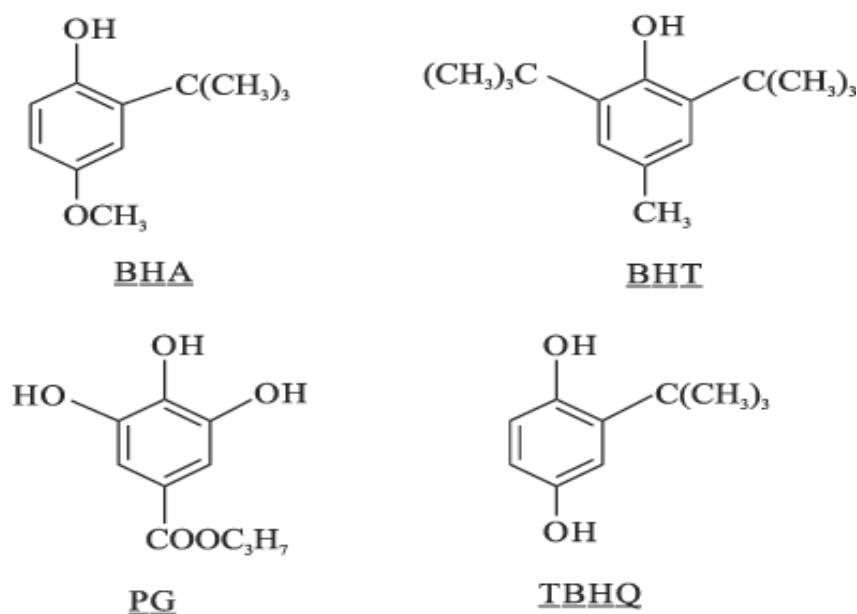
Flavonas e flavonóis são os dois principais grupos de compostos fenólicos encontrados na natureza. Dentre os flavonóis, as agliconas, campferol, quercetina e miricetina são as mais comuns e a apigenina, luteolina e tricetina os composto do grupo das flavonas mais freqüentemente encontrado nos vegetais (BOBBIO; BOBBIO, 1992).



**Figura 4.** Estrutura química das principais classes de flavonóides distribuídas na natureza

### 3.6. ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes são compostos que podem inibir ou retardar a oxidação de lipídios ou de outras moléculas, inibindo o início ou a propagação das reações de oxidação da cadeia. Quimicamente, esses compostos apresentam estrutura aromática com pelo menos uma hidroxila (Figura 5), podendo ser sintéticos, como o butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butilhidroquinona (TBHQ) e o propil galato (PG), largamente utilizados pela indústria de alimentos, ou naturais, substâncias bioativas tais como organosulfurados, fenólicos e terpenos, que fazem parte da constituição de diversos alimentos (FENNEMA, 1993; BRENNAN; PAGLIARINI, 2001; ZHENG; WANG, 2001).



**Figura 5.** Estrutura química de antioxidantes sintéticos: BHA – butil-hidroxi-anisol; BHT - butil-hidroxitolueno; TBHQ – terc-butil hidroquinona; PG - propil galato.

**FONTE:** Ramalho; Jorge (2006).



O interesse por compostos antioxidantes naturais tem aumentado consideravelmente para uso em alimentos ou materiais medicinais tendo como objetivo substituir os antioxidantes sintéticos, que estão sendo restringido devido à sua carcinogenicidade (WANG *et al.*, 2000; ESPÍN *et al.*, 2000).

Produtos de origem vegetal, como frutas, hortaliças, ervas medicinais e etc., podem conter uma grande variedade de moléculas capazes de sequestrar radicais livres, tais como compostos fenólicos (ex. ácidos fenólicos, flavonóides, quinonas, cumarinas, ligninas, stilbenos, taninos), compostos nitrogenados (alcalóides, aminas, betalaínas), vitaminas, terpenóides (incluindo os carotenóides) e outros metabolitos endógenos, que exibem atividade antioxidante (CHANG *et al.*, 2001; YU, VASANTHAN, TEMELLI, 2001; NACZK, SHAHIDI, 2004; DUENÑAS, HERNÁNDEZ, ESTRELLA, 2006; SOUSA *et al.*, 2007).

Estudos epidemiológicos têm mostrado que muitos destes compostos antioxidantes possuem atividade antiinflamatória, antiaterosclerose, antitumor, antimutagênico, anticarcinogênico, antibacteriano e uma pequena atividade antiviral (DUARTE-ALMEIDA *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2007).

A eficiência antioxidante de compostos bioativos em alimentos de origem vegetal depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Por sua vez, a quantidade destas substâncias em vegetais é amplamente influenciada por fatores genéticos e condições ambientais, além do grau de maturação e variedade da planta, entre outros. O substrato utilizado no ensaio, o solvente e a técnica de extração utilizada, também, são fatores que influenciam na determinação da capacidade antioxidante (MOURE *et al.*, 2001; NACZK; SHAHIDI, 2004).

A diversidade química existente entre os compostos antioxidantes, em especial entre os compostos fenólicos, impõe a necessidade de avaliar a capacidade antioxidante por diversos ensaios, com mecanismo de ação diferente. Neste sentido, vários ensaios têm sido desenvolvidos, alguns

deles determinam a habilidade do antioxidante em sequestrar espécies reativas geradas no meio da reação. (FRANKEL; MEYER, 2000; ANTOLOVICH et al., 2002; GIADA; MANCINI-FILHO, 2006 ).

A medida da capacidade antioxidante de compostos presentes em extratos ou amostras biológicas reflete a ação cumulativa de todos antioxidantes presentes, proporcionando uma análise de parâmetros integrados (GHISELLI *et al.*, 2000).

De acordo com Ghiselli *et al.* (2000) a capacidade antioxidante pode se considerada um marcador sensível e confiável para detectar mudanças no estresse oxidativo in vivo, fornecendo ajuda na elucidação de fatores fisiológicos e nutricionais importantes, além de suprir informações sobre absorção e biodisponibilidade de compostos antioxidantes.

No entanto, é necessário ressaltar que os ensaios realizados in vitro são limitados e não existe nenhuma similaridade com sistemas in vivo. Os ensaios da capacidade antioxidante in vitro são importantes para verificar se há ou não correlação entre antioxidantes potentes e os níveis de estresse oxidativo (HUANG *et al.*, 2005).

As metodologias para a determinação da capacidade antioxidante são numerosas e podem estar sujeitas a interferências, por isso, atualmente preconiza-se a utilização de duas ou mais técnicas, já que nenhum ensaio usado isoladamente para determinar a capacidade antioxidante irá refletir exatamente a “capacidade antioxidante total” de uma amostra (HUANG *et al.*, 2005; PRIOR *et al.*, 2005).

Dentre os métodos que determinam a habilidade dos antioxidantes em sequestrar radicais, destacam-se aqueles que envolvem um radical cromóforo, simulando as espécies reativas de oxigênio, dos quais os mais utilizados são o DPPH<sup>•</sup> (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e o ABTS<sup>•+</sup> [2,2'-azino-bis(3-etil-benzolona-6 sulfonado)]. Estes métodos, por serem práticos, rápidos e sensíveis, são amplamente empregados (ARNAO, 2000).

A atividade sequestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH<sup>•</sup>), de coloração purpurea absorvida a 515 nm, consiste na ação de um antioxidante (AH) ou uma espécie radicalar (R<sup>•</sup>), onde o DPPH<sup>•</sup> é reduzido formando difenil-picril-hidrazina, de coloração amarela, podendo a mesma ser monitorada pelo decréscimo da absorbância (ROGINSKY; LISSI, 2005). A partir dos resultados obtidos determina-se a porcentagem de atividade antioxidante ou seqüestradora de radicais livres e/ou a porcentagem de DPPH<sup>•</sup> remanescente no meio reacional (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

A porcentagem de atividade antioxidante (%AA) corresponde à quantidade de DPPH<sup>•</sup> consumida pelo antioxidante, sendo que a quantidade de antioxidante necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH<sup>•</sup> em 50% é denominada concentração eficiente (CE<sub>50</sub>), também chamada de concentração inibitória (CI<sub>50</sub>). Quanto maior o consumo de DPPH<sup>•</sup> por uma amostra, menor será a sua CE<sub>50</sub> e maior a sua atividade antioxidante (SOUSA *et al.*, 2007).

No método do ABTS<sup>•+</sup>, o radical monocation, cromóforo verde/azul, é gerado pela oxidação do ABTS<sup>•+</sup> [2,2'-azino-bis(3-etil-benzolona-6-sulfonado)] com o persulfato de potássio. A adição do antioxidante ao radical cátion pré-formado o reduz novamente a ABTS<sup>•+</sup>, promovendo a supressão da cor da solução. O grau deste descolorimento é usado para avaliar a atividade oxidante de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (RE *et al.*, 1999; KUSKOSKI *et al.*, 2005).

#### 4. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ABE, L.T.; MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, 2007.

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

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.V.C. Carotenoids and provitamin A value of some Brazilian sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* Lam). **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v.28, p.145-154, 1992.

ANGELO P.M.; JORGE N. Compostos fenolicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p. 1-9, 2007.

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.D.; PATSALIDES, E.; McDONALD, S.; ROBARDS, K. Methods for testing antioxidant activity. **Analyst**, v.127, n.1, p.183-198, 2002.

ARAUJO, P.G.L. **Conservação pós-colheita e estabilidade da polpa congelada de acerolas apodi, cereja, frutacor, II 47/1, roxinha e sertaneja**. 2005. 79f. Dissertação (mestrado em tecnologia de alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ceará, 2005.

ARIMA, H.K.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition and vitamin A value of a squash and pumpkin from northeastern Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.40, n.2, p.284-292, 1990.

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

AZEVEDO-MELEIRO, C.H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoids of endive and New Zealand spinach as affected by maturity, season and minimal processing. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, n.8, p.845-855, 2005.

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

BLUM, A.; MONIR, M.; WIRSANSKY, I.; BEN-AZIR, S. The beneficial effects of tomatoes. **European Journal of Internal Medicine**, v.1, n.6, p.402- 404, 2005.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Revista de Nutrição**, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

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

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo : Varela, 1992.

BORGUINI, R.G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 160f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2006.

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

CHANG, C.J.; CHIU, K.L.; CHEN, Y.L.; YANG, P.W. Effect of Ethanol Content on Carbon Dioxide Extraction of Polyphenols from Tea. **Journal of Food Composition And Analysis**, v.14, p.75-82, 2001.

CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 113 p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Atributos de Qualidade**. In: Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio. 2 ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHITARRA, A.B.; ALVES, R.E. **Tecnologia de póscolheita para frutas tropicais**. Fortaleza: Instituto Frutal/Sindifruta, 2001. v.1, 314p.

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

DUARTE-ALMEIDA, J.M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Avaliação da Atividade Antioxidante Utilizando Sistema B-Caroteno/Ácido Linoléico e Método de Seqüestro de Radicais DPPH• **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.2, p.446-452, 2006.

DUENÑAS, M.; HERNÁNDEZ, T.; ESTRELLA, I. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. **Food Chemistry**, v.98, p.95–103, 2006.

DONADIO, L. C.; NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K.; **Frutas exóticas**. Jaboticabal: Funep, 1998. 279p.

ESPÍN, J.C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHERS, H.J.; GARCÍA-VIGUERA, C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.5, p.1588-1592, 2000.

FIGUEIREDO, M.B.; PASSADOR, M.M.; COUTINHO, L.N. A “ferrugem” ou verrugose dos frutos da ciriguela (*Spondias purpurea* L.) causada por *Elsinoe Spondiadis* WATSON & JENKINS. **Biológico**, v.68, n.2, p.5-7, 2006.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A.C.; ARAÚJO, N.C.C. Calidad De Frutas Nativas De Latinoamerica Para Industria: Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.43, p.68-71, 2001.

FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E. Ciriguela (*Spondias purpúrea* L.). In: ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H. (Ed.). **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: Funep, 2000. 66 p.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A.S. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidant. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.13, p.1.925-1.941, 2000.

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

GIADA, M.L.R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. Publicatio UEPG **Ciências Biológicas e da Saúde**, v.12, n.4, p.7-15, 2006.

GODOY, H.T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Buriti (*Mauritia vinifera* Mart), uma fonte riquíssima de pró-vitamina A. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.38, n.1, p.109-120, 1995.



GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-isomers of pro vitamins A in Brazilian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.42, n.6, p.1306-1013, 1994.

GHISELLI, A.; SERAFINI, M.; NATELLA, F.; SCACCINI, C. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data. **Free Radical Biology & Medicine**, v.29, n.11, p.1106-1114, 2000.

HERNÁNDEZ, B.C.R.; EULOGIO, P.B.; RAMOS, J.Z.C.; URIAS, A.M.; HASBACH, G.P.; BARRIOS, E.P. Sistemas de producción de Spondias purpurea (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. **Revista de Biología Tropical**, v.56, n.2, p.675-687, 2008.

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

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science & Technology**, v.37, p.153-161, 2002.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of hydroponic leafy vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.9, p.2603-2607, 2003.

KOZIOL, M.J.; MACIA, M.J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (anacardiaceae). **Economic Botany**, v.52, n.4, p.373-380, 1998.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRONCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em polpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MS<sup>n</sup> characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**, v.110, n.3, p.522-530, 2008.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, n.3, p.207-220, 2000.

LEDERMAN, I.E.; SILVA JÚNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; LIRA JÚNIOR, J.S. **Potencialidades das espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira**. In: Lederman, I.E.; Lira Júnior, J.S. de. (Org). *Spondias* no Brasil: Umbu, Cajá e Espécies Afins. Recife/PE: Editora Universitária da UFRPE, 2008. p. 15-22.

LIRA JÚNIOR, J.S.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; MOURA, R.J.M. Produção e características físico-químicas de clones de ciriguela na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.43-48, 2010.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.5, p.370-374, 2007.

MARTINS, L.P.; SILVA, S.M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Desenvolvimento de frutos de ciriguela (Spondias purpurea L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.11-14, 2003.

MELENDEZ-MARTINEZ, A.J.; VICARIO, I.M.; HEREDIA, F.J. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. **Archivos Latinoamericano de Nutricion**, v.54, n.2, p.149-155, 2004.

MERCADANTE, A.Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition and vitamin A value of some native Brazilian green leafy vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v.25, n.2, p.213-219, 1990.

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

MUNIZ, C.R.; BORGES, M.F.; ABREU, F.A.P.; NASSU, R.T.; REITAS, C.A.S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 309-322, 2002.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Review Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**, v.1054, n.1/2,p.95–111, 2004.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G. **Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Universidade Federal de Lavras, Pró-Reitoria de Extensão, n.127, 2005.

NIIZU, P.Y.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, n.8, p.739-749, 2005.

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

PIMENTEL, C.V.M.B.; FRANCKI, V.M.; GOLLÜCKE, A.P.B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela; 2005.

PINTO, A.C.Q. Seriguela, fruta exótica com crescente valor no mercado. **Informativo SBF**, v.16, n.3, p 23–24, 1997.

PRIOR, R.L., CAO, G., MARTIN, A., SOFIC, E., MCEWEN, J., O'BRIEN, C., LISCHNER, N., EHLENFELDT, M., KALT, W., KREWER, G., MAINLAND, C.M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.46, n.7, p.2686-2693, 1998.

QUIRÓS, A.R.; COSTA, H.S. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, n.4, p.97-111, 2006.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. ANTIOXIDANTES UTILIZADOS EM ÓLEOS, GORDURAS E ALIMENTOS GORDUROSOS. **Química Nova**, v.29, n.4, p.755-760, 2006.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, n.9/10, p.1231–1237, 1999.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Editora Edgar Blucher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004, 184p.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, v.92, n.2, p.235-254, 2005.

SACRAMENTO, C.K.; SOUZA, F.X. **Cajá (Spondias mombin L.)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 42p. (Série Frutas Nativas, 4).

SACRAMENTO, C.K.; AHNERT, D.; BARRETTO, W.S.; FARIA, J.C. **Recursos genéticos e melhoramento de *Spondias* na Bahia - cajazeira, cirigueleira e cajaraneira.** In: LEDERMAN, I.E.; LIRA JÚNIOR, J.S. (Org). *Spondias* no Brasil: umbu, cajá e espécies afins. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2008. p.54-62.

SANTOCONO, M.; ZURRIA, M.; BERRETTINI, M.; FEDELI, D.; FALCIONI, G. Lutein, zeaxanthin and astaxanthin protect against DNA damage in SK-N-SH human neuroblastoma cells induced by reactive nitrogen species. **Journal of Photochemistry and Photobiology Biology**, v.88, n.1, p.1-10, 2007.

SCOLASTICI, C.; LIMA, R. O.; BARBISAN, L. F.; FERREIRA, A. L.; RIBEIRO, D. A.; SALVADORI, D. M. Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells. **Toxicology in Vitro**, v.21, p.840-845, 2007.

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

SILVA JÚNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; ALVES, M.A.; MELO NETO, M.L. Collecting, ex situ conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**. v.51, n.4, p.343-349, 2004.

SOUSA, C.M.M.; SILVA, H.R.; VIEIRA-JR., G.M.; AYRES, M.C.C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; CAVALCANTE, L.C.D.; BARROS, ARAÚJO, E.D.S.; P.B.M.; M.S., BRANDÃO; CHAVES, M.H. Fenóis Totais e Atividade Antioxidante De Cinco Plantas Medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

SOUZA FILHO, M.S.M.; LIMA, J.R.; NASSU, R.T.; MOURA, C.F.H. BORGES, M.F.. Formulações de néctares de frutas nativas das regiões Norte e nordeste do Brasil. **Boletim CEPPA**, v.18, n.2, p.275-283, 2000.

SOUZA FILHO, M.S.M.; LIMA, J.R.; NASSU, R.T.; BORGES, M.F.; MOURA, C.F.H. Nota Prévia: Avaliação Físico-química e Sensorial de Néctares de Frutas Nativas da Região Norte e Nordeste do Brasil: Estudo Exploratório. **Brazilian Journal Food Technology**, v.5, p.139-143, 2002.

SOUZA, F. X. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1999. 28p. (Comunicado técnico).

STREET, D. A.; COMSTOCK, G. W.; SALKELD, R. M.; SCHUEP, W.; KLAG, M. J. Serum antioxidants and myocardial infarction. **Circulation**, v. 90, p.1154-1161, 1994.

WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.2, p.140-146, 2000.

WALLE, T. Flavonoids and isoflavones (phytoestrogens): absorption, metabolism and bioactivity. **Free radical biology medicine**, v.36, n.7, p.829-837, 2004.

YU, J.; VASANTHAN, T.; TEMELLI, F. Analysis of phenolic acids in barely by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.4352–4358, 2001.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.11, p. 5165-5170, 2001.



## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1 ARTIGO I: Caracterização físico-química de ciriguelas cultivadas no Banco de Germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco.

#### RESUMO

Devido a sua excelente qualidade organoléptica, a ciriguela (*Spondias purpurea* L.), é um fruto muito apreciado no Nordeste brasileiro, o que tem proporcionado crescente interesse para seu cultivo comercial. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar as características físicas e físico-químicas de frutos de 11 genótipos de cirigueleiras, cultivados no Banco Ativo de Germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco. Frutos maduros foram utilizados nas seguintes determinações: peso, diâmetro longitudinal e transversal, rendimento em polpa, ácido ascórbico, pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), carboidratos totais e carotenóides totais. A partir dos dados obtidos pode-se constatar que, com relação às características físicas analisadas, não houve grandes variações entre os genótipos, no entanto, os genótipos IPA-1 e IPA-2 se destacaram dos demais por terem apresentado percentual de rendimento de polpa próximo a 80%. Com relação às características químicas, os resultados demonstraram que o genótipo IPA-1 exibiu o maior teor de ácido ascórbico (32,88 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa) e o genótipo IPA-7, maior concentração de carotenóides totais, expresso em  $\beta$ -caroteno (22,63  $\mu$ g.g<sup>-1</sup> de polpa). Os maiores teores de sólidos solúveis totais e de acidez total titulável foram apresentados pelos genótipos IPA-9 e IPA-10; o genótipo IPA-4 apresentou maior relação SST/ATT, enquanto o genótipo IPA-6 se destacou dos demais, com maior teor de carboidratos solúveis totais (32,78 expresso em % de glicose), características importantes para o consumo de fruta 'in natura'.

**Palavras-Chave:** características físicas; características químicas; qualidade; *S. purpurea* L.

## ABSTRACT

Due to its excellent organoleptic quality, the red mombin fruit (*Spondias purpurea* L.) is a very popular fruit in the Brazilian Northeast, which has brought increasing interest for its commercial cultivation. The aim of this research was to evaluate the physical and physico-chemical characteristics of red mombin fruits from 11 genotypes cultivated in the Active Germplasm Bank of the IPA (Institute of Agronomic Pernambuco). Mature fruits were used for the following determinations: weight, longitudinal and transverse diameter, pulp yield, ascorbic acid, pH, total soluble solids (TSS), total titrable acidity (TTA), total soluble carbohydrate and total carotenoids. From the data obtained can be seen that, with respect to the physical characteristics analyzed, there was no wide variation among genotypes, however, IPA-1 and IPA-2 genotypes stood out from others because they showed the percentage of pulp yield close to 80%. With respect to chemical characteristics, the results showed that IPA-1 genotype exhibited the highest ascorbic acid content (32.88 mg.100g<sup>-1</sup> pulp) and the IPA-7 genotype, the highest concentration of total carotenoids expressed as  $\beta$  – carotene (22.63  $\mu$ g.g<sup>-1</sup> pulp). The highest levels of total soluble solids and titrable acidity were, respectively, presented by IPA-9 and IPA-10 genotypes; the IPA-4 genotype showed the highest TSS/TTA, while the IPA-6 genotype stood out from others with highest content of total soluble carbohydrates (32.78% expressed as glucose), important characteristics for the consumption of fresh fruits.

**Keywords:** physical characteristics and chemical characteristics; quality; red mombin.

## 1- INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm sido registrados significativos avanços na fruticultura brasileira, consolidados tanto no aumento da produção, da produtividade e como na melhoria na qualidade dos frutos, a exemplo da laranja, banana, manga, uva e maçã. No entanto, a participação de frutos tropicais, nativos e exóticos, é praticamente nula (LEDERMAN *et al.*, 2008).

Em razão do seu caráter essencialmente extrativista, boa parte desses frutos ainda permanece na condição de cultivos não domesticados, para os quais não existem sistemas de produção definidos (LIMA *et al.*, 2002; SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

Dentre as fruteiras tropicais, destaca-se a cirigueleira (*Spondias purpurea* L.), pertencente à família Anacardiaceae, originária da América Central, disseminada no México, Caribe e em vários países da América do Sul (FILGUEIRAS; MOURA; ALVES, 2000).

No Brasil, esta fruteira é cultivada comercialmente, sendo encontrada em alguns pomares da região Sudeste, Norte e Nordeste (DONADIO; NACHTIGAL; SACRAMENTO, 1998), produzindo frutos do tipo drupa de boa aparência, aroma e sabor agradáveis (MARTINS; MELO, 2004).

De acordo com Lira Júnior *et al.* (2010), a safra da ciriguela no Nordeste brasileiro ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro, sendo sua exploração extrativista, concentrando-se nas regiões nordestinas semi-áridas do Agreste e Sertão, e em menor proporção nas regiões da Zona da Mata. Os frutos são normalmente consumidos 'in natura' ou na forma de polpas, sucos, doces, licores e sorvetes (MARTINS; MELO, 2008).

Apesar da importância econômica desse fruto, há carência de pesquisas visando à geração de tecnologias que permitam a exploração racional em cultivos comerciais, a começar pela seleção de matrizes

produtivas cujos frutos possuam características desejáveis para consumo 'in natura' e para indústria (SACRAMENTO *et al.*, 2007).

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar as características físicas e físico-químicas dos frutos de 11 genótipos de cirigueleiras, cultivados sob as condições edafoclimáticas da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco.

## **2- MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1- PROCEDÊNCIAS DOS FRUTOS E COLHEITA**

Os frutos utilizados neste estudo foram provenientes de 11 genótipos, aqui denominados IPA-1, IPA-2, IPA-3, IPA-4, IPA-5, IPA-6, IPA-7, IPA-8, IPA-9, IPA-10 e IPA-11, pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de cirigueleira, situado no Campo Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizado no município de Itambé, Pernambuco.

Os frutos foram colhidos manualmente nas primeiras horas do dia, no estágio de maturação maduro, durante a safra de verão/2010. Em seguida, foram acondicionados em sacos plásticos e armazenados sob refrigeração, sendo posteriormente transportados para o Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos do Departamento de Ciências domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## **2.2- AVALIAÇÕES FÍSICAS**

Foram utilizados 25 frutos de cada genótipo para determinação da análise física de peso do fruto, por meio de balança semi-analítica, e do diâmetro longitudinal e transversal, utilizando um paquímetro analógico.

### **2.2.1- RENDIMENTO DA POLPA**

Para esta determinação foram utilizados 500 gramas de frutos de cada genótipo, utilizando balança semi analítica.

## **2.3- AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS**

Para as análises físico-químicas foram utilizados cerca de 800 gramas da polpa dos frutos, separada do caroço auxílio de uma faca de aço inoxidável e em seguida homogeneizadas em um liquidificador doméstico.

Após este processo, as polpas foram acondicionadas em potes plásticos escuros, com capacidade de cerca de 30 gramas cada, e armazenadas em freezer doméstico (-18 °C) para posterior determinação do pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), ácido ascórbico, carotenóides totais e carboidratos solúveis.

### **2.3.1– pH**

Determinado diretamente na polpa homogeneizada, utilizando um potenciômetro (Tecnal, modelo Tec-3MP2).

### **2.3.2– SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)**

Leitura realizada em refratômetro de marca ATAGO (N1), com escala variando de 0 a 32 °Brix.

### **2.3.3. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT)**

Determinada em 1g de polpa diluída em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1 e os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico (AOAC, 1990).

### **2.3.4. RELAÇÃO SST/ATT**

Calculada pela razão dos valores obtidos de sólidos solúveis totais e da acidez total titulável.

### **2.3.5. ÁCIDO ASCÓRBICO**

Determinado empregando o método titulométrico utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1990) com algumas alterações. Foi pesado 2g de polpa, em seguida diluída em 10 mL de ácido oxálico e titulado com a solução de 2,6 diclorofenol indofenol até atingir uma cor rósea fixa por 10 segundos. Os resultados foram expressos em  $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de polpa.

### **2.3.6. CAROTENÓIDES TOTAIS**

A extração foi realizada segundo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999) e a quantificação, utilizando a expressão matemática descrita por Gross (1987), considerando o coeficiente de absorção de 2500 para expressar os resultados em equivalente  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno por grama da amostra.

### **2.3.7. CARBOIDRATOS SOLÚVEIS**

Os teores de carboidratos solúveis foram determinados utilizando o reagente de antrona conforme descrito por Bezerra Neto; Barreto (2004) e Yemm; Willis (1954) e os resultados, expressos em % de glicose.

## **2.4- TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Todas as determinações foram realizadas em triplicata e as médias dos valores encontrados foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico “Statistica” (versão 5.5, StatSoft, Inc., Tulsa, USA).

## **3. RESULTADO E DISCUSSÃO**

### **3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FRUTOS**

A partir dos dados obtidos, pode-se observar que para todas as características físicas analisadas (Tabela 1), não houve variações entre os genótipos, com exceção da razão diâmetro longitudinal e transversal que apresentou diferença estatística.



**Tabela 1.** Características físicas dos frutos de genótipos de cirigueira provenientes do Banco Ativo de Germoplasma do IPA, Itambé/PE, safra 2010.

Genótipos	PF (g)	DL (mm)	DT (mm)	DL/DT
IPA-1	7,4±1,7 <sup>a</sup>	26,00±0,3 <sup>a</sup>	19,00±0,2 <sup>a</sup>	1,34±0,1 <sup>bc</sup>
IPA-2	7,7±1,7 <sup>a</sup>	27,00±0,3 <sup>a</sup>	19,00±0,2 <sup>a</sup>	1,44±0,1 <sup>abc</sup>
IPA-3	7,1±1,7 <sup>a</sup>	27,00±0,2 <sup>a</sup>	19,00±0,2 <sup>a</sup>	1,42±0,1 <sup>abc</sup>
IPA-4	8,6±1,7 <sup>a</sup>	28,00±0,2 <sup>a</sup>	20,00±0,1 <sup>a</sup>	1,38±0,1 <sup>bc</sup>
IPA-5	8,2±1,4 <sup>a</sup>	28,00±0,2 <sup>a</sup>	20,00±0,1 <sup>a</sup>	1,40±0,1 <sup>abc</sup>
IPA-6	8,0±1,5 <sup>a</sup>	27,00±0,3 <sup>a</sup>	19,00±0,1 <sup>a</sup>	1,44±0,1 <sup>abc</sup>
IPA-7	8,4±1,9 <sup>a</sup>	27,00±0,3 <sup>a</sup>	20,00±0,3 <sup>a</sup>	1,36±0,1 <sup>c</sup>
IPA-8	8,5±2,1 <sup>a</sup>	28,00±0,3 <sup>a</sup>	19,00±0,2 <sup>a</sup>	1,44±0,1 <sup>abc</sup>
IPA-9	7,1±1,4 <sup>a</sup>	27,00±0,2 <sup>a</sup>	18,00±0,1 <sup>a</sup>	1,52±0,1 <sup>a</sup>
IPA-10	6,7±1,5 <sup>a</sup>	27,00±0,2 <sup>a</sup>	18,00±0,1 <sup>a</sup>	1,50±0,1 <sup>ab</sup>
IPA-11	6,5±1,6 <sup>a</sup>	25,00±0,2 <sup>a</sup>	18,00±0,2 <sup>a</sup>	1,40±0,1 <sup>abc</sup>

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

PF = Peso do Fruto; DL = Diâmetro Longitudinal; DT = Diâmetro Transversal;

DL/DT = Razão Diâmetro Longitudinal e Diâmetro transversal.

### 3.2. PESO DO FRUTO

Os pesos médios de ciriguela dos diferentes genótipos encontram-se apresentados na Tabela 1, que embora não tenha havido diferença significativa entre os valores encontrados, o genótipo IPA-11 e IPA-4 apresentaram o peso mais baixo (6,5 g) e o mais alto (8,6 g), respectivamente. Esses valores ainda foram mais baixos que os relatados por Macía e Barford (2000), ao estudarem variedades de cirigueleiras cultivadas no Equador, onde os valores médios foram 9,0 a 18g. De acordo com Lira Junior *et al.* (2010) o peso médio de frutos são características importantes para o mercado de frutas frescas, uma vez que, comumente, os frutos mais pesados e maiores, tornam-se mais atrativos para os consumidores.

Martins *et al.* (2003), ao avaliarem o desenvolvimento de frutos de ciriguelas produzidas no município de Bananeiras/PB, relataram um peso médio de 13,98 g, valor superior aos encontrados nesse estudo, e superior também aos descritos por Figueiras *et al.* (2001), de frutos produzidos no município do Crato-CE, onde relataram que após atingirem a maturidade, os frutos de ciriguela apresentaram peso médio de 10,27 g.

Por outro lado, no México, um estudo realizado por Hernandez *et al.* (2008) demonstrou que o peso dos frutos de cirigueleiras apresentou uma grande variação com valores de 6,3 a 35,8g encontrado em frutos produzidos em sistemas domesticado e de 9,0 a 27,0 g em sistemas silvestre. A variação no peso médio dos frutos de cirigueleiras cultivadas em diferentes sistemas de produção pode ser interpretada também como decorrente da grande variabilidade genética desta espécie, corroborando com Chitarra e Chitarra (2005) que afirmam que o peso é uma característica varietal.

### 3.3. DIÂMETRO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL

No que diz respeito ao diâmetro longitudinal dos frutos, embora não tenha sido constatada diferença estatisticamente significativa, os valores encontrados variaram de 25,00 mm (IPA-11) a 28,00 mm (IPA-4, IPA-5 e IPA-8), conforme demonstra a Tabela 1. No entanto, valores mais elevados foram reportados por Lira Júnior *et al.* (2010), ao estudarem clones de cirigueleiras cultivados na Mata Norte de Pernambuco, com valores médios de 30,77 a 34,17 mm. Hernandez *et al.* (2008) ao avaliar cirigueleiras cultivadas em diferentes agroecossistemas no oeste do México observaram uma maior amplitude com relação à essa característica uma vez que os diâmetros longitudinais encontrados variaram de 27,00 a 42,30 mm.

Os diâmetros transversais encontrados nesse estudo não apresentaram diferença estatística (Tabela 1), variando em média de 18 a 20 mm. Valores mais elevados (23,10 mm) foram descritos por Lira Júnior *et al.* (2010) em clones de cirigueleiras cultivadas na região da Mata Norte em Pernambuco. Valores ainda mais elevados foram relatados por Hernandez *et al.* (2008) ao analisarem cirigueleiras cultivadas em diferentes agroecossistemas com variação entre 24,00 e 34,60 mm.

De acordo com Chitarra; Chitarra (2005) a relação entre o diâmetro longitudinal e transversal determina a forma do fruto. Portanto, se o diâmetro longitudinal for menor que o diâmetro transversal o fruto apresentará forma globosa. Nesse estudo, a mais baixa e a mais alta relação foi apresentada respectivamente, pelos genótipos IPA-1 e IPA-9. Valores próximos foram encontrados por Lira Júnior *et al.* (2010) em clones de cirigueleiras cultivadas na região da Mata Norte em Pernambuco, onde a maior relação DL/DT (1,41) foi atingida pelo clone IPA-11 e a menor (1,36) pelo clone IPA-2.

### 3.4. RENDIMENTO EM POLPA

O percentual de polpa está diretamente relacionado com o rendimento industrial da ciriguela e os resultados obtidos nesse estudo demonstraram uma variação entre 63,40% (IPA-10) a 77,98% (IPA-1). Os demais valores foram 67,66; 68,82; 69,47; 69,93% calculados com os frutos dos genótipos IPA-11; IPA-9; IPA-7; IPA-8, respectivamente; enquanto que os genótipos IPA-5; IPA-6; IPA-4; IPA-3; IPA-2 apresentaram percentual de polpa superior a 70%, com valores de 71,34; 71,66; 72,30; 73,05; 76,06%, respectivamente, sendo estes mais interessantes para o aproveitamento industrial.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a proporção entre o epicarpo (casca); mesocarpo (polpa) e endocarpo (caroço) é utilizada em algumas frutas, em conjunto com outras características, para avaliar o coeficiente de maturação ou como indicativo de rendimento da matéria-prima.

Os valores de rendimento encontrados nesse estudo foram semelhantes aos relatados por Lira Júnior *et al.* (2010) que avaliaram os mesmos genótipos nos períodos 1999-2002 e 2005-2006 apresentando uma variação de 69,81% (IPA-10) a 79,05 (IPA-4). Hernandez *et al.* (2008) caracterizando cirigueliras cultivadas em agroecossistemas no oeste do México constataram que o rendimento em polpa dos frutos variaram de 65,86 a 85,00%.

Em estudos com outros frutos do gênero *Spondias*, como por exemplo, cajá-umbu (*Spondias* spp.), foi relatado um rendimento médio de 83,79% (LIRA JÚNIOR *et al.*;2005) enquanto que Cassimiro, Macêdo e Menino (2009) e Pinto *et al.* (2003), estudando o cajá (*Spondias mombin* L.) relataram um rendimento médio de polpa de 43,42 a 69,63% e de 50%, respectivamente.

#### **4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a determinação dos parâmetros químicos de frutas e vegetais é importante para determinar o tempo e as condições de armazenamento dos frutos, bem como aumentar o tempo de vida de prateleira, além de determinar o emprego de processamentos pós-colheita visando agregar valor aos excedentes das safras.

As características físico-químicas dos frutos dos genótipos de cirigueiras encontram-se apresentados na Tabela 2, onde se pode observar que, com exceção dos valores de pH, as demais características apresentaram diferença estatisticamente significativas.

**Tabela 2.** Características físico-químicas de frutos de genótipos de ciriguelaira provenientes do Bando Ativo de Germoplasma do IPA, Itambé/PE, safra 2010.

GENÓTIPOS	pH	SST (°Brix)	ATT (% ác. cítrico)	SST/ATT
IPA 1	3,3±0,01 <sup>a</sup>	16,5±0,5 <sup>bc</sup>	0,94±0,5 <sup>c</sup>	17,55±0,4 <sup>abc</sup>
IPA 2	3,4±0,04 <sup>a</sup>	17,2±0,3 <sup>ab</sup>	0,99±0,5 <sup>c</sup>	17,37±0,3 <sup>abc</sup>
IPA 3	3,3±0,03 <sup>a</sup>	17,0±0,2 <sup>ab</sup>	1,05±0,6 <sup>ab</sup>	16,19±0,5 <sup>cd</sup>
IPA 4	3,4±0,05 <sup>a</sup>	17,3±0,3 <sup>ab</sup>	0,95±0,5 <sup>c</sup>	18,21±0,1 <sup>a</sup>
IPA 5	3,3±0,01 <sup>a</sup>	15,9±0,1 <sup>bc</sup>	0,95±0,5 <sup>c</sup>	16,74±0,3 <sup>bcd</sup>
IPA 6	3,3±0,03 <sup>a</sup>	16,4±0,4 <sup>bc</sup>	1,00±0,5 <sup>bc</sup>	16,40±1,1 <sup>bcd</sup>
IPA 7	3,3±0,01 <sup>a</sup>	16,9±0,1 <sup>b</sup>	0,94±0,5 <sup>c</sup>	17,98±0,4 <sup>ab</sup>
IPA 8	3,3±0,01 <sup>a</sup>	16,9±0,1 <sup>ab</sup>	0,94±0,5 <sup>c</sup>	17,98±0,5 <sup>ab</sup>
IPA 9	3,3±0,01 <sup>a</sup>	17,7±0,1 <sup>a</sup>	1,05±0,6 <sup>ab</sup>	16,85±0,2 <sup>abc</sup>
IPA 10	3,3±0,01 <sup>a</sup>	17,4±0,4 <sup>a</sup>	1,08±0,6 <sup>a</sup>	16,11±0,7 <sup>cd</sup>
IPA 11	3,3±0,01 <sup>a</sup>	15,8±0,2 <sup>c</sup>	1,03±0,6 <sup>ab</sup>	15,34±0,4 <sup>d</sup>

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

SST = Sólidos Solúveis Totais; ATT = Acidez Total Titulável; SST/ATT = Índice de Sabor.

#### 4.1. pH

Quanto aos valores de pH pode-se verificar na Tabela 2 que não houve variação significativa entre os genótipos. Os valores de pH encontrados neste estudo estão próximos aos encontrados por Filgueiras *et al.* (2001) ao estudarem a qualidade de ciriguelas com valor de pH de 3,44 em frutos em estágio de maturação maduro e, próximos também, aos valores encontrados por Hernandez *et al.* (2008) em ciriguleiras cultivadas em diferentes agroecossistemas no oeste do México que relataram valores de pH entre 2,7 e 3,5.

Em estudo com “ambarella” (*Spondias cytherea* Sonn.), fruto do mesmo gênero, Ishak *et al.* (2005) avaliaram as características químicas desses frutos em diferentes estádios de maturação e relataram, para os frutos maduros, um valor de pH de 3,87. No entanto, em outros frutos do mesmo gênero, os valores de pH foram um pouco mais baixo do que os encontrados em ciriguelas. Em cajá (*Spondia mombin* L.), Pinto *et al.* (2003) relataram um valor médio 2,61 avaliando 30 genótipos; Lima *et al.* (2002) estudando umbu-cajá (*Spondia spp*) em cinco estádio de maturação, relataram pH de 2,06 nos frutos maduros e Costa *et al.* (2004) avaliando umbu (*Spondias tuberosa* ARR. CÂM.) em diferentes estádios de maturação, relataram valor de pH de 2,26 nos frutos maduros “azedos”.

#### 4.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS

Os teores de sólidos solúveis totais, expressos em °Brix apresentaram diferença estatística significativa (Tabela 2). A variação entre os genótipos foi de 15,8 (IPA-11) e 17,7 (IPA-9).

Valores superiores ao relatados neste estudo foram reportados por Lira Júnior *et al.* (2010) ao analisarem onze clones de ciriguleiras cultivadas na região da zona da Mata norte de Pernambuco encontrando valor médio 19,94 °Brix. Do mesmo modo, Filgueiras *et al.* (2001) ao analisarem a qualidade de frutas nativas da América Latina, também encontraram em ciriguelas, no estágio de maturação maduro, teor de sólido solúveis mais elevado (21,25 °Brix).

No entanto, valores inferiores foram encontrados por Hernandez *et al.* (2008) ao estudarem diferentes agroecossistemas de produção de ciriguela no oeste do México, onde relataram teores de sólidos solúveis que variaram entre 7,0 e 10,8 °Brix para plantas silvestres e de 8,0 a 15,5 °Brix para plantas cultivadas domesticamente.

### 4.3. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Com relação à acidez total titulável (AT) constata-se na Tabela 2, que houve diferença estatística entre os teores encontrados sendo os mais elevado 1,08% (IPA-10) e o menor 0,94% (IPA-1, IPA-7 e IPA-8). Os valores de AT encontrados neste estudo foram mais elevados aos relatados por Lira Júnior *et al.* (2010) em clones de ciriguleiras cultivadas na região da Mata Norte em Pernambuco, cuja média geral foi de 0,87%.

Em cajá (*S. mombim*), fruto do mesmo gênero, Pinto *et al.* (2003) relataram um percentual médio de AT de 1,06% em frutos de 30 genótipos. Esses valores foram inferiores aos encontrados por Lima *et al.* (2002) em umbu-cajá (*Spondias spp*) em diferentes estádios de maturação, onde relataram um valor de AT de 1,55%, bem como, ao valor encontrado em umbu (*Spondias tuberosa* ARR. CÂM) onde Costa *et al.* (2004) relataram, para frutos maduros “azedos”, um valor de 1,56%.



#### 4.5. RELAÇÃO SS/AT

Os valores da relação SS/AT encontrada nesse estudo apresentaram diferença estatística entre os genótipos. Na Tabela 2, pode-se observar que, respectivamente, o menor e o maior valor foram 15,34 (IPA-11) e 18,21 (IPA-4).

A relação SS/AT é um importante indicativo do sabor, pois relaciona os açúcares e os ácidos do fruto. Desta forma, destacam-se os genótipos IPA-1, IPA-2, IPA-7, IPA-8 e IPA-9 por terem apresentado os mais elevados valores, os quais não diferiram estatisticamente do genótipo IPA-4.

Valores superiores foram descritos por Lira Junior *et al.* (2010) que estudando as características físico-químicas de clones de cirigueira cultivados na zona da Mata norte de Pernambuco, relataram uma média de 23,25 para este parâmetro, com valor mínimo de 20,76 (IPA-11) e máximo de 26,58 (IPA-1). López *et al.* (2004), ao avaliarem o efeito do grau de maturidade na qualidade pós-colheita de ciriguelas cultivadas em hortas mexicana, relataram uma relação de SS/AT de 23,4 para os frutos em estágio de maturação maduro e, portanto, também superior aos encontrados nesse estudo.

No entanto, os valores determinados nesse estudo foram mais elevados do que os relatados para outros frutos do mesmo gênero. Lima *et al.* (2002) ao estudarem frutos de umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em diferentes estádios de maturação relataram uma relação SST/ATT mínima de 3,80 e máxima de 7,51 e Costa *et al.* (2004) ao analisarem frutos maduros de umbuzeiro “azedos” (*Spondias tuberosa* ARR. CÂM.) relataram um valor de 6,11.

#### 4.6. ÁCIDO ASCÓRBICO

Os teores de ácido ascórbico encontrados nesse estudo variaram de 25,29 a 32,88 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa, apresentados pelos genótipos IPA-3 e IPA-1, respectivamente (Tabela 3).

Os teores de ácido ascórbico obtidos neste estudo foram inferiores ao relatado por Filgueiras *et al.* (2001) para este fruto, em estágio de maturação maduro, e produzidos no Ceará/CE, cujo valor foi 34,01 mg.100g<sup>-1</sup>; assim como aos valores relatados por López *et al.* (2004) ao analisarem a qualidade pós-colheita de ciriguelas produzidas no México, cujos valores variaram entre 49,2 a 67,3 mg.100g<sup>-1</sup>. No entanto, os teores determinados neste estudo estão próximos a variação relatada por Koziol e Macía (1998) ao estudarem a composição química e nutricional de *Spondias purpurea* provenientes da região norte do Equador, cujos teores variaram de 26 a 73 mg.100g<sup>-1</sup>.

De acordo com a quantidade de ácido ascórbico presente em frutos, Andrade *et al.* (2002) classificaram como baixa fonte dessa vitamina, os frutos com teores variando de 25 a 50 mg.100g<sup>-1</sup>. Assim, considerando essa classificação, os frutos de cirigueleiras produzidos na região nordeste representam baixa fonte de ácido ascórbico, tendo em vista que os valores encontrados não ultrapassaram 50 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa. Essa classificação pode ser expandida para outros frutos do gênero *Spondias*, uma vez que Ferreira; Cavalcanti-Mata; Braga (2000) ao realizarem estudos sobre umbu relataram um teor de ácido ascórbico de 13,31 mg.100g<sup>-1</sup>; assim como o estudo com umbu-cajá provenientes da região do Brejo Paraibano, no município de Areia-PB realizado por Lima *et al.* (2002) que encontraram um valor médio dessa vitamina de 17,75 mg.100g<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Teores de ácido ascórbico, carboidratos solúveis e carotenóides totais de frutos de genótipos de ciriguela provenientes do Banco Ativo de Germoplasma do IPA, Itambé/PE.

GENÓTIPOS	Ácido Ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )	Carboidratos Solúveis *	Carotenóides Totais**
IPA 1	32,88±2,5 <sup>a</sup>	26,80±0,7 <sup>b</sup>	15,11±0,4 <sup>cd</sup>
IPA 2	29,89±0,5 <sup>a</sup>	20,03±3,0 <sup>c</sup>	16,64±0,8 <sup>b<sup>c</sup></sup>
IPA 3	25,29±0,9 <sup>c</sup>	24,25±1,9 <sup>bc</sup>	18,21±1,2 <sup>b</sup>
IPA 4	25,48±0,9 <sup>bc</sup>	22,61±0,3 <sup>bc</sup>	18,40±0,4 <sup>b</sup>
IPA 5	26,19±0,3 <sup>b</sup>	18,43±1,2 <sup>de</sup>	10,03±1,2 <sup>d</sup>
IPA 6	25,84±0,7 <sup>b</sup>	32,78±1,9 <sup>a</sup>	20,91±0,7 <sup>a</sup>
IPA 7	25,71±0,5 <sup>b</sup>	17,88±0,9 <sup>e</sup>	22,63±2,0 <sup>a</sup>
IPA 8	26,11±0,5 <sup>b</sup>	21,27±0,4 <sup>c</sup>	16,40±2,3 <sup>c</sup>
IPA 9	26,45±2,4 <sup>ab</sup>	19,39±0,5 <sup>d</sup>	16,85±0,05 <sup>bc</sup>
IPA 10	25,96±0,2 <sup>b</sup>	21,98±0,6 <sup>bc</sup>	13,40±0,04 <sup>d</sup>
IPA 11	25,76±0,9 <sup>b</sup>	23,47±4,2 <sup>b</sup>	14,15±0,8 <sup>d</sup>

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

\* expresso em % de glicose

\*\* expresso em µg de β-caroteno. g<sup>-1</sup> de polpa

## 7. CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS

Os teores de carboidratos solúveis, expressos em % de glicose, encontram-se apresentados na Tabela 3, onde pode-se observar diferença estatística entre os valores encontrados. O genótipo IPA-6 destacou-se por ter apresentado teor de carboidratos solúvel mais elevado (32,78 %), o qual foi estatisticamente diferente dos demais. O genótipo IPA-7 apresentou o teor mais baixo (17,88 %), sem, contudo, ter diferido estatisticamente dos genótipos IPA-2, IPA-4, IPA-5, IPA-8, IPA-9 e IPA-10. Filgueiras *et al.* (2001), avaliando a qualidade dos frutos de cirigueliras produzidos no município do Crato-CE, relataram em frutos maduros um teor de 18,68 % de açúcares solúveis totais, valor próximo aos encontrados nesse estudo.

Em cajá, fruto do mesmo gênero, foi relatado valores inferiores aos encontrados neste estudo. Mattietto; Lopes; Menezes (2010) ao caracterizarem polpa de cajá, detectaram um teor de açúcares solúveis de 4,54 g.100g<sup>-1</sup> de polpa; Mata; Duarte; Zanini (2005) relataram teor de açúcares totais de 7,20% na polpa de cajá; Pinto *et al.* (2003), um valor médio de açúcares solúveis de 9,45 %, expresso em % de sacarose e Sacramento *et al.* (2007) avaliando frutos de 26 genótipos de cajazeiras de oito municípios da região sul da Bahia, encontraram um valor médio de 12,82% de açúcares solúveis totais.

## 4.7. CAROTENÓIDES TOTAIS

Os teores de carotenóides totais, expressos em µg de β-caroteno.g<sup>-1</sup> de polpa, encontram-se apresentados na Tabela 3, onde foi observado diferença estatística entre os valores encontrados. O genótipo IPA-5 apresentou teor de carotenóides mais baixo (10,03 µg.g<sup>-1</sup>) enquanto o

genótipo IPA-7 apresentou teor mais elevado ( $22,63 \mu\text{g.g}^{-1}$ ). Considerando que todos os genótipos foram colhidos, aproximadamente, no mesmo estágio de maturação, pode-se atribuir grande parte dessa variação às características intrínsecas do potencial genético. Os valores encontrados nesse estudo foram inferiores ao relatado por Neves *et. al.* (2008) em ciruelas maduras comercializadas na Cidade de Recife, cujo valor encontrado foi de  $28,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ .

Os teores de carotenóides determinados nesse estudo foram mais elevados do que os relatados por Melo e Andrade (2010), ao estudarem os compostos bioativos presentes em umbu (*S. tuberosa*), fruto do mesmo gênero, que encontraram teores de  $3,02$  e  $1,70 \mu\text{g.g}^{-1}$  nos frutos em estágio de maturação maduro e semi maduro, respectivamente. No entanto, em frutos de cajá (*Spondias lutea* L.), também do mesmo gênero, Rodrigues-Amaya e Kimura (1989) relataram um teor de carotenóides totais de  $25,8 \mu\text{g.g}^{-1}$ , sendo, portanto, superior aos determinados neste estudo. Porém, em polpa congelada de cajá de três diferentes marcas, Hamano e Mercadante (2001) relataram um total de carotenóides de  $22,86 \mu\text{g.g}^{-1}$ ;  $20,86 \mu\text{g.g}^{-1}$  e  $18,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ , valores próximos ao encontrado nesse estudo.

Segundo Rodrigues-Amaya; Kimura e Amaya-Farfan (2008) as frutas palmáceas como buriti, tucuma, bocaiuva, bacuri e umari (mari) são ricas fontes de  $\beta$ -caroteno, com destaque para o buriti que apresenta a maior concentração conhecida desse composto dentro da vasta gama de alimentos brasileiros analisados. Rosso e Mercadante (2007) relataram para o buriti um teor de carotenóides totais de  $513,87 \mu\text{g.g}^{-1}$ . Ainda assim, Rodrigues-Amaya; Kimura e Amaya-Farfan (2008) consideram que alimentos que contenham mais de  $20 \mu\text{g.g}^{-1}$  de carotenóides são importantes para a saúde. Dessa forma, o consumo de ciriguela pode contribuir para o aporte nutricional de carotenóides.

## 5. CONCLUSÕES

Os frutos dos genótipos avaliados apresentaram forma globulosa e levemente arredondada;

Os genótipos IPA-1 e IPA-2 por apresentarem rendimento de polpa próximo a 80%, sendo os mais indicados para indústria;

O genótipo IPA-1 exibiu o maior teor de ácido ascórbico e o IPA-7, maior concentração de carotenóides totais na polpa, podendo contribuir para o aporte nutricional de compostos bioativos importantes para saúde;

O genótipo IPA-9 apresentou maior teor de sólidos solúveis, o IPA-4 apresentou maior relação SS/AT, e o IPA-6 maior teor de carboidratos solúveis totais, características importantes para o consumo *in natura* de frutas, bem como para o aproveitamento industrial.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 15th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

ANDRADE, R.S.G.; DINIZ, M.C.T.; NEVES, E.A.; NÓBREGA, J.A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclectica Química**, v.27, n.special, p.1-8, 2002.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Método de análises químicas em plantas**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2004. 165p.

BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S.P.D.; BARROS, R.V. **Banco ativo de germoplasma de cajá no Estado da Paraíba**. In: WOKSHOP PARA CURADORES DE BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS, 1997, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa-Cenargen, 1999. p. 80-85.

CASSIMIRO, C.M.; MACÊDO, L.S.; MENINO, I.B. Avaliação de acessos de cajazeira (*Spondias mombin*) do Banco Ativo de Germoplasma da Emepa, PB. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.3, n.3, p.01-06, 2009.

COSTA, N.P.; LUZ, T.L.B.; GONÇALVES, E.P.; BRUNO, R.L.A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, v.20, n.2, p.65-71, 2004.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

DONADIO, L.C.; NACHTIGAL, J.C.; SACRAMENTO, C.K.; **Frutas exóticas**. Jaboticabal: Funep, 1998. 279p.

FERREIRA, J.C.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; BRAGA, M.E.D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.7-17, 2000.

FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E. Ciriguela (*Spondias purpurea* L.). In: DONADIO, L. C. (Ed.). **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: Funep, 2000. p. 27.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A.C.O.; ARAÚJO, N.C.C. Calidad de frutas nativas de latinoamerica para indústria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.43, n.1, p.68-71, 2001.

GROSS, J. **Pigments in fruits**. London: Academic Press, 1987. 303 p.

HAMANO, P.S.; MERCADANTE, A.Z. Compositions of carotenoids from commercial products of caja (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n.4, p.335-343, 2001.



HERNÁNDEZ, B.C.R.; EULOGIO, P.B.; RAMOS, J.Z.C.; URIAS, A.M.; HASBACH, G.P.; BARRIOS, E.P. Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. **Revista de Biología Tropical**, v.56, n.2, p.675-687, 2008.

ISHAK, S.A.; ISMAIL, N.; NOOR, M.A.M.; AHMAD, H. Some physical and chemical properties of ambarella (*Spondias cytherea* Sonn.) at three different stages of maturity. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, n.10, p.819–827, 2005.

KOZIOL, M.J.; MACIA, M.J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias Purpurea* (ANACARDIACEAE). **Economic Botany**, v.52, n.4, p.373-380, 1998.

LEDERMAN, I.E.; SILVA JÚNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; LIRA JÚNIOR, J.S. In: LEDERMAN, I. E. (Ed.). **Potencialidade das espécies de Spondias no desenvolvimento da fruticultura brasileira. Spondias no Brasil: Umbú, Cajá e Espécies Afins**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA/UFRPE, 2008. 180p.

LIMA, E.D.P.A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* Spp) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.338-343, 2002.

LIRA JÚNIOR, J.S.; BEZERRA, J.E.F; LEDERMAN, I.E.; MOURA, R.J.M. Produção e características físico-químicas de clones de ciriguela na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.43-48, 2010.

LIRA JUNIOR, J.S.; MUSSER, R.S.; MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LEDERMAN, I.E.; SANTOS, V.F. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.757-761, 2005.

LÓPEZ, A.P.; VELOZ, C.S.; GALARZA, M.L.A.; LÚA, A.M. Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (*Spondias Purpurea* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.27, n.2, p.133-139, 2004.

MACIA, M.J.; BARFOD, A.S. Economic Botany Of *Spondias Purpurea* (Anacardiaceae) In Ecuador. **Economic Botany**, v.54, n.4, p. 449-458, 2000.

MARTINS, L.P.; SILVA, S.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Desenvolvimento de frutos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.11-14, 2003.

MARTINS, S.T.; MELO, B. **Spondias**. 2008. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/>. Acessado em: 24/08/2009.

MATA, M.E.R.M.C.; DUARTE, M.E.M.; ZANINI, H.L.H.T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.488-498, 2005.

MATTIETTO, R.A.; LOPES, A.S.; MENEZES, H.C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal Food Technology**, v.13, n.3, p.156-164, 2010.

MELO, E.A.; ANDRADE, R.A.M.S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v.21, n.3, p.453-457, 2010.

NEVES, M.V.M.; SILVA, Q.J.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G. **Caracterização físico-química de cirigüela (*Spondias purpurea* L.) comercializada na feira livre de Casa Amarela, Recife – PE**. In: Simpósio Brasileiro sobre Umbu, Cajá e Espécies Afins, 2008, Recife/PE..

PINTO, W.S.; DANTAS, A.C.V.L.; FONSECA, A.A.O.; LEDO, C.A.S.; JESUS, S.C.; CALAFANGE, P.L.P.; ANDRADE, E.M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1059-1066, 2003

RODRIGUEZ-AMAYA D.B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor de vitamina A em cajá (*Spondias lutea*). **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.9, p.148-162. 1989.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos.** Coradin, Lidio; Pombo, Vivian Beck, Org. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A Guide to Carotenoids Analysis in Food.** Washington: ILSI Press, 1999.

ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/ MS, from Amazonian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.13, p.5062-5072, 2007.

SACRAMENTO, C.K.; MATOS, C.B.; SOUZA, C.N.; BARRETTO, W.S.; FARIAS, J.C. Características físicas, físico-químicas e químicas de cajás (*Spondias mombin* L.) oriundos de diversos municípios da Região Sudeste da Bahia. **Revista Magistra**, v.19, n.4, p. 283-289, 2007.

SACRAMENTO, C.K.; SOUSA, F.X. **Cajá (*Spondias mombin* L.).** FUNEP, Jaboticabal. 2000. 52p. (Série Frutas Nativas, n. 4).

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v.57, n.3, p.508-514, 1954.

## 5.2. ARTIGO II: Compostos fenólicos e atividade antioxidante de cirigueiras cultivadas no Banco de Germoplasma do Instituto Agrônômico de Pernambuco.

### RESUMO

Com o objetivo de avaliar o potencial antioxidante da polpa de frutos de 11 genótipos de cirigueiras (*Spondia purpurea* L.), extratos foram obtidos por extração seqüencial, utilizando metanol (80%) e acetona (80%), e submetidos à quantificação do teor de fenólicos totais e a determinação da atividade antioxidante, utilizando dois ensaios: seqüestro do radical DPPH<sup>•</sup> (1,1-difenil-2-picrilhidrazina) e do radical ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolína-6- ácido sulfônico). O extrato obtido do genótipo IPA-10 apresentou maior teor de fenólicos totais (862,31 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa), superando, estatisticamente, os extratos dos demais genótipos. Em relação ao percentual de seqüestro do radical DPPH<sup>•</sup>, os extratos dos frutos de todos os genótipo apresentaram forte capacidade antioxidante, tendo em vista que os valores determinados foram superiores a 70%, havendo diferença significativa apenas entre os genótipos IPA-1 e IPA-10. A cinética da reação revelou que houve um pequeno aumento linear da capacidade de seqüestrar o radical DPPH em função do teor de fenólicos totais. Os genótipos IPA-2, IPA-5, IPA-7, IPA-8 e IPA-10 se destacaram por menor EC<sub>50</sub>, no entanto, apenas o genótipo IPA-7 e IPA-10 apresentaram eficiência antirradical super alta. A ação antioxidante do extrato do genótipo IPA-10 frente ao radical ABTS<sup>•+</sup> foi superior (6.633,87 µM TEAC.g<sup>-1</sup>) aos demais genótipos, entretanto, através dos dados obtidos pode-se afirmar que os diferentes genótipos de cirigueiras apresentaram ação antioxidante apreciável. Desta forma, pode-se considerar que o consumo da ciriguela é uma alternativa para consumo de antioxidante natural.

**Palavras-Chave:** ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolína-6- ácido sulfônico); antioxidantes; DPPH<sup>•</sup> (1,1-difenil-2-picrilhidrazina); compostos fenólicos; *Spondia purpurea* L.

## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the antioxidant potential of red mombin fruits (*Spondias purpurea* L.) from 11 genotypes. Extracts were obtained by sequential extraction using methanol (80%) and acetone (80%), and subjected to quantification total phenolics content and antioxidant activity determination using two tests: DPPH• radical scavenging (1,1-difenil-2-picrilhidrazina) and the radical ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6- sulfonic acid). The extract obtained from the IPA-10 genotype showed the highest total phenolic content (862,31 mg EAG.100g<sup>-1</sup> pulp), exceeding, statistically, the extracts of the other genotypes. Regarding the percentage of DPPH• scavenging, extracts of fruits of all genotypes showed strong antioxidant capacity, considering that the values were above 70%, showing that the significant difference was only between IPA-1 and IPA-10 genotypes. The kinetics of reaction showed that there was a small linear increase in capacity to scavenger DPPH• radical according on the total phenolic content. Although the EC<sub>50</sub> values obtained from extracts of the genotypes did not differ significantly, the IPA-2, IPA-5- IPA 7, IPA8 and IPA-10 stood out from others since they showed the lowest values. From the data obtained from the antiradical efficiency the extracts could be classified as "super high", presented by IPA-7 and IPA-10 genotypes. The antioxidant activity of fruits extract IPA-10 genotype (6.633, 87 μM TEAC.g<sup>-1</sup>) with respect to ABTS<sup>•+</sup> radical was statistically higher to the other genotypes, however, they still showed appreciable antioxidant activity. Therefore, it can be consider that the consumption of red mombin fruit is an alternative natural antioxidant intake.

**Keywords:** ABTS<sup>•+</sup> (2, 2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6- sulfonic acid); antioxidants; DPPH• (1, 1-diphenyl-2-picrilhidrazina); phenolic compounds; red mombin fruit.

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que o aumento no consumo de frutas, legumes e seus derivados têm sido relacionados com benefícios para saúde, como na redução da incidência de doenças crônicas não transmissíveis, a exemplo das doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (LUTHRIA; PASTOR-CORRALES, 2006; LIM, LIM, TEE, 2007). Este efeito protetor tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante, dentre estes os polifenóis (MADHUJITH, SHAHIDI, 2005; XU; CHANG, 2008; MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000; KAUR; KAPOOR, 2002).

Os compostos fenólicos ou polifenóis fazem parte de um grupo de substâncias amplamente distribuídas no reino vegetal, e segundo Bravo, em 1998, 8.000 estruturas fenólicas eram conhecidas (BRAVO, 1998). Esses compostos são potentes eliminadores de radicais livres, doando hidrogênio, e seu alto potencial antioxidante está relacionado com o seu grande número de hidroxilas fenólicas (KUATE *et al.*, 2009).

As frutas são principais fontes dietéticas de polifenóis, todavia, a composição desses constituintes nesses alimentos é diversificada de acordo com a variedade, cultivar, condições edafoclimáticas, entre outros (CERQUEIRA, GENNARI, AUGUSTO, 2007; FALLER, FIALHO, 2009). No entanto, a eficácia destes compostos como antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO *et al.*, 2008).

A constatação da presença de compostos com propriedade antioxidante em frutas tropicais tem impulsionado pesquisas com vistas a avaliar o potencial antioxidante destes alimentos. Dentro deste contexto encontra-se a ciriguela (*S. purpúrea* L.), não obstante ter sido alvo de algumas recentes pesquisas quanto à sua composição e aproveitamento tecnológico, este fruto ainda apresenta uma grande escassez de dados científicos, especialmente no que concerne ao seu potencial antioxidante.

Desta forma, essa pesquisa teve como objetivo determinar em frutos de 11 genótipos de cirigueleiras, o teor de fenólicos totais e o potencial antioxidante.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. PREPARO DAS AMOSTRAS**

Foram utilizados frutos maduros de 11 genótipos de cirigueleiras cultivadas no Banco de Germoplasma do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), situado em Itambé, na região da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, aqui denominados IPA-10, IPA-2, IPA-3, IPA-4, IPA-5, IPA-6, IPA-7, IPA-8, IPA-9, IPA-10 e IPA-11.

Os frutos foram higienizados e com auxílio de faca em inox, a polpa foi separada do caroço sendo, em seguida homogeneizada em um liquidificador doméstico. Após este processo, as polpas foram acondicionadas em potes plásticos escuros, com capacidade de cerca de 30 gramas cada, e armazenadas em freezer doméstico ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para posterior determinação analítica abaixo descrita.

### **2.2. EXTRAÇÃO DAS AMOSTRAS**

Os extratos hidroacetônico e hidrometanólico foram obtidos de uma mesma amostra por extração sequencial. Uma alíquota da polpa do fruto (70 g) foi mantida por 20 minutos sob agitação permanente em acetona a



80% (30 mL) e em seguida, centrifugada a 4000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e o resíduo sedimentado foi ressuspenso e submetido ao mesmo processo de extração por mais dois períodos de 20 minutos, totalizando 60 minutos de extração. Em seguida, o resíduo foi reutilizado para a extração com metanol a 80% nas condições acima descritas.

Os extratos resultantes foram combinados, concentrados sob pressão reduzida a 40°C, o volume final aferido para 100 mL. Em seguida foram acondicionados em recipientes tampados e mantidos sob congelamento (-18 °C) até o momento das análises.

O processo de extração foi efetuado em triplicata para todos genótipos estudados. Os extratos foram utilizados para determinação dos compostos fenólicos e da atividade de sequestrar radicais livres.

### **2.3. DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS**

A concentração dos compostos fenólicos totais foi determinada por espectrofotometria utilizando o reagente Folin-Ciocalteau (Merck), segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999), e curva padrão com ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 grama da amostra e em µg em equivalente de ácido gálico por mL do extrato.

## 2.4. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

### 2.4.1. CAPACIDADE DE SEQUESTRAR O RADICAL DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazina)

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada no ensaio de capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH<sup>•</sup>), segundo método descrito por Brand-Williams *et al.* (1995). Extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados à solução de DPPH<sup>•</sup> em metanol (0,1M), atingindo a concentração final de fenólicos totais de 9, 18 e 27 µg mL<sup>-1</sup>. A absorbância a 517 nm foi monitorada, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) até a reação atingir o platô. A capacidade de sequestrar o radical DPPH<sup>•</sup> foi expressa em percentual, calculada em relação ao controle (sem antioxidante).

Para a determinação de EC<sub>50</sub>, TEC<sub>50</sub> e EA, inicialmente, foi calculada, a partir da curva padrão do radical DPPH<sup>•</sup>, o percentual de DPPH<sup>•</sup> remanescente (DPPH<sub>rem</sub>%) de cada concentração do extrato utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ DPPH}_{\text{REM}} = (\text{DPPH}_t / \text{DPPH}_T) \times 100$$

Onde: DPPH<sub>t</sub> é concentração do radical DPPH no tempo em que a reação atingiu o platô; DPPH<sub>T</sub> é concentração inicial do DPPH (tempo 0 da reação).

Em seguida, a concentração do extrato eficiente para diminuir em 50% a concentração inicial do DPPH<sup>•</sup> (EC<sub>50</sub>) foi calculada a partir do gráfico da concentração da amostra (g de fenólicos totais da amostra. g DPPH-1) versus DPPH<sub>rem</sub>%, cujo resultado foi expresso em g de fenólicos totais do extrato por g de DPPH<sup>•</sup>. A eficiência antirradical (EA) foi calculada considerando o valor de EC<sub>50</sub> e o tempo em que foi atingido o EC<sub>50</sub> (TEC<sub>50</sub>), conforme expressão abaixo:

$$EA=1/(EC_{50} \cdot TEC_{50})$$

De acordo com Sánchez-Moreno; Larrauri; Saura-Calixto (1998), o comportamento cinético dos extratos ( $TEC_{50}$ ) pode ser classificado como rápido ( $TEC_{50} < 5$  minutos), intermediário ( $TEC_{50} = 5$  a 30 minutos) ou lento ( $TEC_{50} > 30$  minutos), e a eficiência antirradical (EA), como baixa ( $EA < 1$ ), média ( $EA > 1$  e  $\leq 5$  minutos), alta ( $EA > 5$  e  $\leq 10$ ) ou super alta ( $EA > 10$ ).

#### 2.4.2. CAPACIDADE DE SEQUESTRAR O RADICAL ABTS<sup>•+</sup>

A capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-acido sulfônico (ABTS<sup>•+</sup>) foi determinada segundo o método descrito por Re *et al.* (1999). O radical ABTS<sup>•+</sup> foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS (7  $\mu$ Mol) com 2,45 mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16h. Em seguida, foi diluída em etanol até obter uma medida de absorvância de  $0,7 \pm 0,05$ , em comprimento de onda de 734 nm.

Os extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionadas a solução do ABTS<sup>•+</sup>, atingindo concentração final de 0,25; 1,00 e 1,75  $mg \cdot L^{-1}$ , e a absorvância medida, após 6 minutos, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6- hidroxí-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-acido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ( $\mu$ Mol TEAC. $g^{-1}$  de polpa).

### **3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Todas as determinações foram realizadas em triplicata e as médias dos valores encontrados foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico “Statistica” (versão 5.5, StatSoft, Inc., Tulsa, USA).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS**

Os compostos fenólicos constituintes de frutas e hortaliças, são um dos principais responsáveis pela atividade antioxidante destas (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBILYA, 2002). Fatores como: maturação, espécie, prática de cultivo, origem geográfica, estágio de maturação, condições de colheita e processo de armazenamento, podem influenciar o conteúdo final destes compostos (KIM; JEONG; LEE, 2003).

A extração dos polifenóis é influenciada pela solubilidade dos compostos fenólicos no solvente utilizado para o processo de extração. Além disso, a polaridade do solvente desempenha um papel fundamental no aumento da solubilidade de compostos fenólicos (NACZK; SHAHIDI, 2006). Solventes como metanol, etanol, acetona, propanol, acetato de etila e dimetilformamida, foram usados para a extração de compostos fenólicos de produtos frescos em diferentes concentrações em água (ANTOLOVICH *et al.*, 2000; LUTHRIA; MUKHOPADHYAY; KRIZEK, 2006). No entanto, segundo Alothman; Bhat; Karim (2009), não existe um procedimento padrão de extração adequado para a extração de todos os fenóis em

vegetais. Normalmente, os solventes menos polares são considerados adequados para a extração de fenólicos lipofílicos.

A quantidade de compostos fenólicos presentes nos extratos analisados variaram entre 352,48 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa (IPA-10 e IPA-11) e 866,38 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa (IPA-9), diferindo estatisticamente entre si, como está demonstrado na Tabela 1.

Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008), avaliando o teor de fenólicos totais presentes em 17 frutas do Equador, reuniram-nas em três grupos; o primeiro com valores inferiores a 100 mg GAE.100g<sup>-1</sup>; o segundo com valores entre 200-500 mg GAE.100g<sup>-1</sup> e o terceiro com valores superiores a 1000 mg GAE.100g<sup>-1</sup>. Comparando os dados obtidos nesse estudo com essa classificação pode-se inferir que os teores desses fitoquímicos presentes nos extratos dos frutos de ciriguela podem ser classificados no segundo grupo, com exceção do genótipo IPA-10 cujo valor foi superior a esse intervalo (862,31 mg GAE.100g<sup>-1</sup>).

Concentrações semelhantes de fenólicos totais foram relatadas por Kuskoski *et al.* (2005) ao analisarem o teor desses compostos em polpas de diferentes frutos, onde relataram teores de 580,1 e 544,9 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa de acerola e manga, respectivamente. Da mesma forma, Kuskoski *et al.* (2006) relataram teores de 897,6 mg EAG.g<sup>-1</sup> de polpa de baguaçu (*Talauma ovata* Saint-Hilaire); de 229,6 mg EAG.g<sup>-1</sup> de polpa de jambolão; de 580,1 mg EAG.g<sup>-1</sup> de polpa de acerola; de 136,8 mg EAG.g<sup>-1</sup> de polpa de açaí e de 132, 1 mg EAG.g<sup>-1</sup> de polpa de morango.

**TABELA 1.** Conteúdo de fenólicos totais em frutos de 11 genótipos de ciriguela provenientes do Banco de Germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco, safra 2010.

GENÓTIPOS	Fenólicos totais*
IPA-1	390,44±31,51 <sup>c</sup>
IPA-2	379,35±27,06 <sup>d</sup>
IPA-3	461,06±5,65 <sup>bc</sup>
IPA-4	460,73±5,65 <sup>bc</sup>
IPA-5	423,31±5,65 <sup>c</sup>
IPA-6	461,06±5,65 <sup>bc</sup>
IPA-7	352,48±77,98 <sup>d</sup>
IPA-8	353,26±75,15 <sup>d</sup>
IPA-9	351,30±84,66 <sup>d</sup>
IPA-10	862,31±96,26 <sup>a</sup>
IPA-11	582,58±15,87 <sup>b</sup>

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

\*expresso em mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa.

No entanto, Lim; Lim e Tee (2007) relataram teores de compostos fenólicos totais mais baixos em frutos tropicais como goiaba e carambola (179 e 131 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa, respectivamente). Do mesmo modo, Patthamakanokporn et al. (2008) ao analisarem frutas nativas da Tailândia, relataram conteúdos de fenólicos totais de 54 e 85,14 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de

polpa encontrados no mamão e mangosteen, respectivamente. Baixos teores destes compostos também foram encontrados por Rufino et al. (2010) ao analisarem frutos tropicais nativos do Brasil, a exemplo de cajá (*Spondias mombim*) (72,0 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa) e de umbu (*Spondias tuberosa*) (90,4 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polpa), frutos do mesmo gênero da ciriguela. Desta forma, os frutos analisados nesta pesquisa apresentaram um elevado teor de fenólicos totais podendo ser considerados excelentes fontes desses compostos.

Os frutos analisados neste experimento demonstraram um conteúdo elevado de compostos fenólicos totais podendo ser excelentes fontes desses compostos com capacidades antioxidantes. Contudo, para se estabelecer uma relação direta entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante, se faz necessário um estudo específico com os compostos isolados, assim como para se determinar as quantidades diárias necessárias e ideais de antioxidantes na alimentação equilibrada, levando em consideração diversas variáveis e condições de vida de cada indivíduo.

## **4.2. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE**

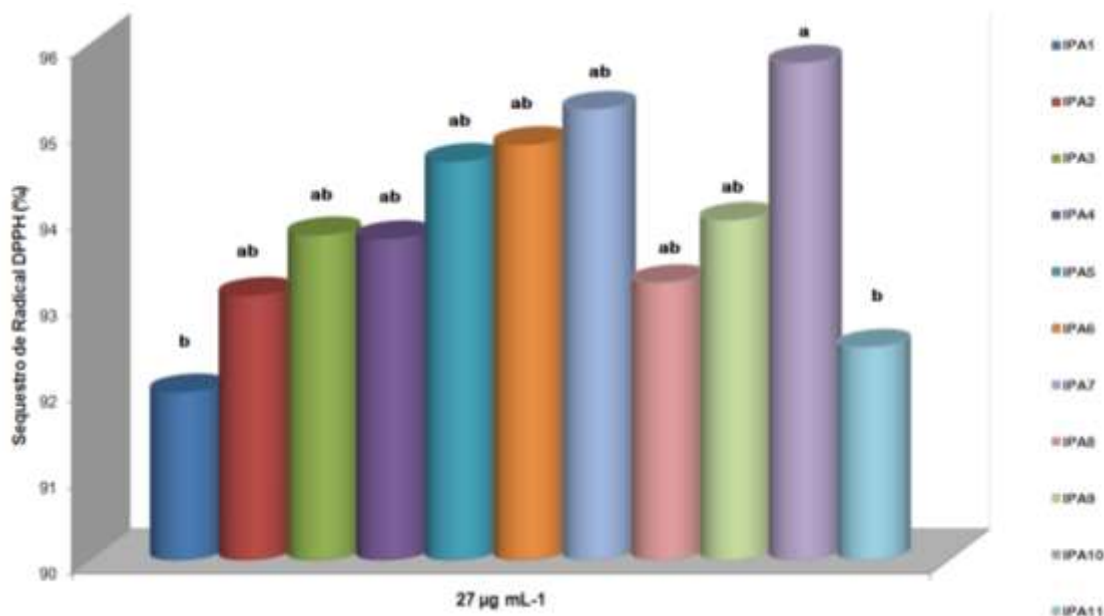
### **4.2.1. CAPACIDADE DE SEQUESTRAR O RADICAL DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazina)**

O método que determina a capacidade de sequestro do radical estável 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) se baseia na transferência de elétrons de um composto antioxidante para o DPPH<sup>•</sup>, convertendo-o a sua forma reduzida (DUARTE-ALMEIDA *et al.* 2006). Este método é freqüentemente utilizado por se tratar de uma metodologia simples, rápida e sensível, muito conveniente para realização de “screening” de um grande número de amostras com diferentes polaridades (KOLEVA *et al.*, 2002).

A capacidade de sequestrar o radical DPPH<sup>•</sup> dos frutos dos genótipos de ciriguela, expressa em percentual de sequestro, aos 15 minutos de reação, encontra-se apresentada na Figura 1. Evidencia-se que o(s) composto(s) ativo(s) presente(s) nos extratos atua(m) como doador de hidrogênio ao radical, sendo esta ação observada para todos os genótipos. O percentual de sequestro dos frutos dos genótipos foi estatisticamente semelhante entre eles, exceto o IPA-1 que apresentou diferença significativa quando comparado com o IPA-11.

Evidencia-se que todos os genótipos de ciriguela, na concentração fenólica de 27  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , apresentaram percentuais de sequestro acima de 70%. Segundo a classificação estabelecida por Melo *et al.* (2008) que considera como forte, moderada e fraca a capacidade de sequestro aquela que atingir o percentual de 70%, entre 50 e 70% e abaixo de 50%, respectivamente, pode-se considerar que os frutos dos genótipos exibiram uma forte capacidade de sequestro do radical DPPH<sup>•</sup>.





**Figura 1.** Percentual de sequestro do radical DPPH dos extratos de frutos de 11 genótipos de cirigueleira (*S. purpurea*) do Banco Ativo de Germoplasma do IPA, aos 15 minutos da reação, contendo 27 µg de equivalente em ácido gálico.mL<sup>-1</sup> de extrato.

Percentual de sequestro semelhante foram reportados por Melo *et al.* (2008) em extrato aquoso de caju, goiaba e da acerola, cujos frutos exibiram forte capacidade de seqüestro do radical DPPH, superior a 90%. No entanto, Melo; Andrade (2010) relataram que em frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) os extratos hidrometanólicos das polpas dos frutos maduros e semimaduros exibiram fraca capacidade antioxidante, uma vez que o percentual de sequestro foi inferior a 60% durante todo o tempo da reação.

Os valores de EC<sub>50</sub>, de TEC<sub>50</sub> e de EA dos frutos em estudo encontram-se descritos na Tabela 2. Os dados de EC<sub>50</sub> apresentaram variações de 0,18 g.g<sup>-1</sup> de DPPH (IPA-2) a 0,73 g.g<sup>-1</sup> de DPPH (IPA-1), no entanto não foi detectada diferença significativa entre os genótipos.

O valor de EC<sub>50</sub> é inversamente relacionado com a capacidade antioxidante de um composto, uma vez que expressa a quantidade de

antioxidantes necessária para diminuir a concentração de radicais em 50%. Quanto menor for o valor do  $EC_{50}$  maior a atividade antioxidante de um composto (VILLAÑO *et al.*, 2007). Apenas o genótipo IPA-1 diferiu estatisticamente dos demais genótipos, apresentando menor ação antioxidante em relação aos demais genótipos (IPA-2, IPA-5, IPA-7, IPA-8 e IPA-10) que apresentaram os menores valores de  $EC_{50}$  e consequentemente melhor ação antioxidante.

Atividade antioxidante semelhante, expressa em  $EC_{50}$ , foi relatada por Kelebek; Canbas; Selli (2008) ao analisarem a composição de fenólicos e a capacidade antioxidante do suco de laranja “blood”, da variedade Moro, onde foi encontrado valor de  $EC_{50}$  de  $0,18 \text{ mg.ml}^{-1}$ ; no entanto ao analisarem o suco de laranja da variedade Sanguinello reportaram um valor de  $EC_{50}$  mais elevado ( $0,29 \text{ mg.ml}^{-1}$ ), revelando que o suco da laranja “blood” da variedade Moro possui melhor ação antioxidante.

**TABELA 2.** Valores de EC<sub>50</sub>, de TEC<sub>50</sub> e classificação cinética e antirradical de ciriguela (extrato da polpa fresca)

Amostras	EC <sub>50</sub>	TEC <sub>50</sub> (min)	Classificação cinética	EA	Classificação Antirradical
	(g fenólicos. g DPPH <sup>-1</sup> )				
IPA-1	0,73 <sup>b</sup>	5,73	Intermediário	0,24	Baixa
IPA-2	0,18 <sup>a</sup>	1,40	Rápido	3,97	Média
IPA-3	0,22 <sup>a</sup>	2,84	Rápido	1,60	Média
IPA-4	0,22 <sup>a</sup>	1,75	Rápido	2,60	Média
IPA-5	0,18 <sup>a</sup>	4,22	Rápido	1,32	Média
IPA-6	0,20 <sup>a</sup>	1,14	Rápido	4,39	Média
IPA-7	0,19 <sup>a</sup>	0,40	Rápido	13,16	Super alta
IPA-8	0,19 <sup>a</sup>	2,74	Rápido	1,92	Média
IPA-9	0,23 <sup>a</sup>	5,44	Intermediário	0,80	Baixa
IPA-10	0,19 <sup>a</sup>	1,90	Rápido	2,77	Média
IPA-11	0,23 <sup>a</sup>	4,97	Rápido	0,87	Baixa

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TEC<sub>50</sub>= tempo necessário para atingir o valor de EC<sub>50</sub>;

EA= eficiência antirradical =  $1/(EC_{50} \cdot TEC_{50})$ .

Os dados permitem afirmar que os frutos de cirigueliras possuem atividade antioxidante mais elevada do que as relatadas por Rufino (2008) ao analisar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos tropicais, onde encontraram um valor de EC<sub>50</sub> de 414,13 g do fruto fresco.g<sup>-1</sup> de DPPH no puçá-preto (*Mouriri pusa*); 477,7 g do fruto fresco.g<sup>-1</sup> de DPPH no camu-camu e 670,1 g do fruto fresco.g<sup>-1</sup> de DPPH na acerola; e por Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008) em banana *passion* (*Passiflora mollissima*) produzida na América Tropical onde relataram uma atividade antioxidante de 407 g.g<sup>-1</sup> de DPPH.

O tempo requerido para reduzir em 50% da concentração do DPPH ( $TEC_{50}$ ) encontra-se apresentado na Tabela 2. Segundo Sánchez-Moreno; Larrauri; Saura-Calixto (1998), o comportamento cinético dos extratos ( $TEC_{50}$ ) pode ser classificado como rápido ( $TEC_{50} < 5$  minutos), intermediário ( $TEC_{50} = 5$  a 30 minutos) ou lento ( $TEC_{50} > 30$  minutos). Desta forma, constata-se comportamento cinético dos extratos dos frutos dos genótipos IPA-2, IPA-3, IPA-4, IPA-5, IPA-6, IPA-7, IPA-8, IPA-10 e IPA-11 podem ser classificados como rápidos ( $TEC_{50} < 5$  minutos), enquanto que os extratos dos frutos dos genótipos IPA-1 e IPA-9, exibiram velocidade de reação intermediária ( $TEC_{50} = 5$  a 30 minutos).

Kuate *et al.* (2010) analisando extratos etanólico, aquoso e hidroetanólico de *Dichrostachys glomerata*, reportaram uma reação intermediária e lenta com o radical DPPH, nos extratos etanólico, aquoso e hidroetanólico ( $TEC_{50}=13,66$ ; 59,00 e 15,33 minutos, respectivamente).

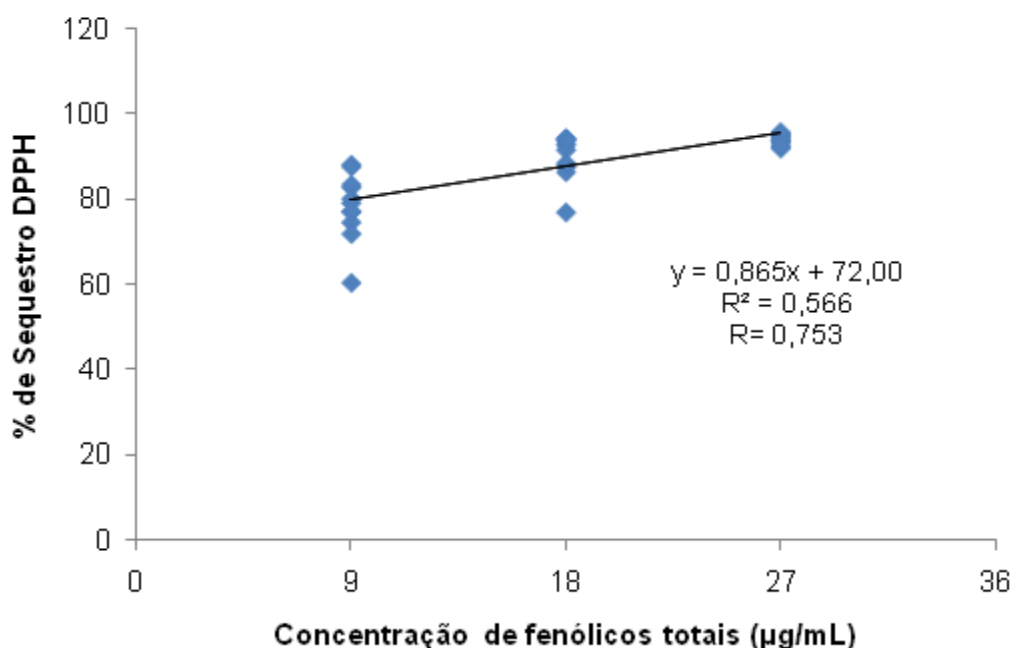
Quanto à eficiência antirradicalar (EA), parâmetro que relaciona o  $EC_{50}$  e o  $TEC_{50}$ , e se refere ao poder antirradical dos compostos presentes nos diferentes extratos, Sánchez-Moreno; Larrauri; Saura-Calixto (1998) classificaram essa eficiência (EA), como baixa ( $EA < 1$ ), média ( $EA > 1$  e  $\leq 5$ ), alta ( $EA > 5$  e  $\leq 10$ ) ou super alta ( $EA > 10$ ). Assim, pode-se constatar que essa eficiência, na maioria dos genótipos, pode ser classificada como baixa e média. No entanto, apenas o genótipo IPA-7 apresentou classificação antirradicalar super alta (Tabela 2). Kelebek; Canbas; Selli (2008) relataram que a eficiência antirradicalar encontrada no suco de laranja “blood” da variedade Moro de foi mais alta do que a encontrada no suco de laranja da variedade Sanguinello.

O conhecimento da cinética de transferência de átomo é importante porque os radicais livres no organismo são espécies de vida curta, o que implica que o impacto de uma substância como um antioxidante depende de sua reação rápida para os radicais livres (IMEH; KHOKBAR, 2002).

Uma das razões para a baixa eficiência antirradicalar do genótipo IPA-9, que se destacou pelo maior conteúdo de fenólicos totais, pode estar

relacionada com um possível vínculo desses fitoquímicos a outras moléculas, como os carboidratos, que reduzem consideravelmente a atividade antioxidante desses, ou, pelo fraco poder antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato. Segundo Alonso *et al.* (2004), o fato da atividade antioxidante não apresentar correlação com a quantificação de fenólicos, não significa que estes não contribuem para isto, mas que pode ser o resultado de sinergismo ou antagonismo ainda desconhecido. Assim, a atividade antioxidante não pode ser explanada apenas com base na quantidade de fenólicos, mas também requer caracterização adequada da estrutura e composição química (HEINONEN; LEHTONEN; HOPIA, 1998).

Na análise de regressão ( $p < 0,05$ ) evidencia-se que houve um pequeno aumento linear da capacidade de sequestrar o radical DPPH em função do teor de fenólicos totais (Figura 2). Alguns autores, como Santos *et al.* (2008); Kuskoski *et al.* (2005); Kaur; Kapoor (2002); Abdille *et al.* (2005); Benvenuti *et al.* (2004); Jimenez; Rincón; Pulido (2000); Roesler *et al.* (2007); Kuskoski *et al.* (2006) e Kahkonen *et al.* (1999), também, evidenciaram relação positiva e significativa entre o teor de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante de hortaliças e frutas.



**Figura 2.** Relação entre o teor de fenólicos totais e a capacidade de sequestrar o radical DPPH (%) dos extratos combinados de genótipos de ciriguela.

No entanto, Ismail *et al.* (2004); Melo *et al.* (2006); Eberhardt *et al.* (2001); Imeh; Khokbar (2002); Wu *et al.* (2004), não evidenciaram relação positiva entre o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de frutas e hortaliças. Dessa forma, a não correlação pode está relacionada às características e o mecanismo de ação destes compostos e a metodologia utilizada para avaliar sua capacidade antioxidante.

#### **4.2.2. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO ABTS (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity – TEAC)**

Os métodos utilizados para determinar a capacidade do antioxidante em sequestrar radicais livres, ABTS<sup>•+</sup> é um dos mais aplicados,

considerando-se um método de alta sensibilidade, rápido, prático e muito estável (ARNAO, 2000). No entanto, os valores de atividade antioxidante podem depender do tempo escolhido para tomar medidas.

Alguns pesquisadores indicam que a reação com o radical ABTS<sup>+</sup> não é concluída depois de 1 minuto. De acordo com Re *et al.* (1999) o tempo de 4 minutos é o mais adequado. No entanto, Sellappan *et al.* (2002) sugeriram um tempo de 6 minutos para medir a absorbância de soluções padrão e de 7 minutos para os compostos puros, extratos de plantas ou alimentos. No presente estudo, foi determinado o tempo de 6 minutos para leitura da absorbância.

A capacidade antioxidante em equivalente de Trolox (TEAC) dos frutos dos 11 genótipos de ciriguela está apresentada na Tabela 3. Após os 6 minutos de reação foi observado uma variação de 1.664,01  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa (IPA-8) a 6.633,87  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa (IPA-10). Os genótipos IPA-10 e IPA-11 exibiram os mais elevados valores de TEAC, os quais se diferenciaram entre si, e entre os demais genótipos. O IPA-7 e IPA-8 apresentaram menor ação frente ao radical ABTS<sup>+</sup>, sem, contudo, diferir do IPA-3. Os demais genótipos não apresentaram diferença significativa entre si.

**TABELA 3.** Atividade antioxidante em equivalente de Trolox (TEAC) da polpa de frutos de diferentes genótipos de cirigueleira.

GENÓTIPOS	$\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$ de polpa
IPA-1	$2.617,53 \pm 82,36^c$
IPA-2	$2.327,37 \pm 102,31^c$
IPA-3	$2.195,68 \pm 75,60^{cd}$
IPA-4	$2.664,25 \pm 33,23^c$
IPA-5	$2.624,32 \pm 59,26^c$
IPA-6	$2.524,61 \pm 26,23^c$
IPA-7	$1.905,75 \pm 76,25^d$
IPA-8	$1.664,01 \pm 99,66^d$
IPA-9	$2.320,57 \pm 39,25^c$
IPA-10	$6.633,87 \pm 32,67^a$
IPA-11	$3.837,18 \pm 53,48^b$

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os extratos de ciriguela apresentaram maior capacidade antioxidante em relação a outros frutos como a acerola, manga, morango, açaí e uva, com ação antioxidante de 67,6; 13,2; 12,0; 9,4 e 9,2  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa, respectivamente (KUSKOSKI *et al.*, 2005); goiaba com 38,66  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa (MARQUINA *et al.*, 2008); polpas de açaí, com ação antioxidante que variaram de 10,21 a 52,47  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa (SANTOS *et al.*, 2008).



Os extratos de ciriguela demonstraram maior ação antioxidante frente a outros frutos. Contreras-Calderón *et al.* (2010) analisando vinte e quatro de frutas exóticas colombianas quanto a ação antioxidante, conteúdo de fenólicos e teor de vitamina C, relataram para o cajá (*S. mombin*), fruto do mesmo gênero, uma ação antioxidante de 8,60  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa. Do mesmo modo, Kuskoski *et al.* (2005) relataram em extratos acerola, manga, morango, açaí e uva ação antioxidante de 67,6; 13,2; 12,0; 9,4 e 9,2  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa, respectivamente. Marquina *et al.* (2008) analisando a composição química e a atividade antioxidante de polpa de goiaba, relataram ação antioxidante de 38,66  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa enquanto Santos *et al.* (2008) ao analisarem a ação antioxidante de polpas de açaí comercializadas na cidade de Fortaleza/CE, relataram ação antioxidante que variaram de 10,21 a 52,47  $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$  de polpa.

Desta forma, é possível inferir que, os extratos dos frutos dos diferentes genótipos de ciriguela demonstraram uma excelente capacidade antioxidante em sequestrar radical  $\text{ABTS}^{+\bullet}$ .

Os extratos avaliados demonstraram comportamento diferente nos dois ensaios realizados, no entanto, pode-se constatar que os frutos estudados integram o grupo de alimentos com capacidade antioxidante considerável, tornando-se imprescindível a sua presença na dieta usual de modo a proteger o organismo dos danos oxidativos. Ao se comparar os dois métodos utilizados nesse estudo constata-se que o método de sequestro do radical  $\text{ABTS}^{+\bullet}$  é mais rápido, tendo em vista que um tempo de seis minutos é suficiente para obtenção de leitura da absorvância enquanto que no método  $\text{DPPH}^{\bullet}$ , o tempo gasto foi, em media, noventa minutos por amostra.

Outra vantagem do método de sequestro do radical  $\text{ABTS}^{+\bullet}$  é o fornecimento de vários máximos de absorção; boa solubilidade, permitindo a análise de compostos de natureza lipofílica e hidrofílica. Kuskoski *et al.* (2005), ao avaliar a aplicação de diversos métodos químicos para determinar capacidade antioxidante em polpa de fruta, concluíram também

que a utilização do radical ABTS<sup>+</sup> é um dos métodos mais rápidos, originando resultados reproduzíveis e coerentes.

## 5. CONCLUSÕES

As polpas dos frutos de cirigueiras cultivadas no BAG do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) apresentaram elevados teores de polifenóis totais, destacando o genótipo IPA-9; no entanto, a análise de regressão demonstrou que não houve expressiva correlação direta entre os compostos fenólicos e a capacidade de sequestrar o radical DPPH<sup>•</sup>;

Os extratos dos frutos de ciriguela apresentaram um significativo potencial antioxidante, demonstrando eficiência na captura dos radicais DPPH<sup>•</sup> observado nos frutos do genótipo IPA-7 e ABTS<sup>+</sup>, nos frutos do genótipo IPA-10. Desta forma, pode-se considerar que o consumo da ciriguela é uma alternativa para ingestão de antioxidantes naturais.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ABIDILLE, M.D.H.; SINGH, R.P.; JAYAPRAKASHA, G.K.; JENA, B.S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, v.90, n.4, p.891-896, 2005.

ALONSO, M.G.; TERESA, S.P.; BUELGA, C.S.; GONZALO, C.R. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v.84, p. 13-18, 2004.

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, n.3, p.785-788, 2009.

ANTOLOVICH M., PRENZLER P., ROBARDS K., RYAN D. Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. **Analyst**, v.125, p.989-1009, 2000.

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

BENVENUTI, S.; PELLATI, F.; MELEGARI, M.; BERTELLI, D. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. **Journal of Food Science**, v.69, n.3, p.164-169, 2004.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm. Wiss. Technology**, n,1, v.28, p.25-30, 1995.

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

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, xxx xxx–xxx, 2010.

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

EBERHARDT, M. V.; LIU, R. H.; SMITH, N. L.; LEE, C. Y. Antioxidant activity of various apple cultivars. **American Chemical Society**, v.221, part 1, 118-AGFD. 2001.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. Polyphenol availability in fruits and vegetables consumed in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v.43, n.2, p.211-218, 2009.

HEINONEN, M.; LEHTONEN, P.J.; HOPIA, A. Antioxidant activity of Berry and fruit wines and liquor. **Food Chemistry**, v.87, p.581-586, 2004.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, n.1, p.572-584, 2002.

IMEH, U.; KHOKBAR, S. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: Antioxidant activity and cultivar variations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 22, p. 6301-6306, 2002.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z.M.; FOONG, C.W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**, v.87, n.4, p.581-586, 2004.

JIMENEZ, E.A.; RINCÓN, M.; PULIDO, R.; FS.C. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.11, p.5489-5493, 2000.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **Journal of Food Science and Technology**, v.37, n.2, p.153-161, 2002.

KÄHKÖNEN, M.P.; HOPIA, A.I.; VUORELA, H.J.; RAUHA, J.P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T.S.; HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.47, n.10, p.3954-3962, 1999.

KELEBEK, H.; CANBAS, A.; SELLI, S. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grown in Turkey. **Food Chemistry**, v.107, p.1710-1716, 2008.

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

KOLEVA, I. I.; BEEK, T. A.; LINSSEN, A.; EVSTATIEVA, L. N. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study of three testing methods. **Phytochemical Analysis**, v.13, n.1, p.8-17, 2002.

KUATE, D.; ETOUNDI, B.C.O.; SOUKONTOUA, Y.B.; NGONDI, J.L.; OBENA, J.E. Antioxidant characteristics of *Dichrostachys glomerata* spice extracts Características antioxidantes de los extractos de la especie *Dichrostachys glomerata*. **CyTA – Journal of Food**, v.8, n.1, p.23–37, 2010.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; ORALES, M.T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1283-1287, 2006.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRONCOSO, A.M.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

LIM, Y.Y.; LIM, T.T.; TEE, J.J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry**, v.103, n.3, p.1003-1008, 2007.

LUTHRIA, D.; MUKHOPADHYAY, S.; KRIZEK, D. Content of total phenolics and acids phenolic in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, n.8, p.771-777, 2006.

MADHUJITH, T.; SHAHIDI, F. Antioxidant potential of pea beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v.70, n.6, p.S85–S89, 2005.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de La dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.50, n.1, p.5-18, 2000.

MARQUINA, V.; ARAUJO, L.; RUÍZ, J.; RODRÍGUEZ-MALAVAR, A; VIT, P. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.58, n.1, p.187-192, 2008

MELO, E.A.; ANDRADE, R.A.M.S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v.21, n.3, p.453-457, 2010.

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

MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.L.A.G.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.44, n.2, p. 193-201, 2008.

NACZK, M.; SHAHID, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.41, n.5, p.1523-1542, 2006.

PATTHAMAKANOKPORN, O.; PUWASTIEN, P.; NITITHAMYONG, A.; SIRICHAKWAL, P.P. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21, n.2, p.241–248, 2008.

RE, R.; PELEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v.26, n.9/10, p.1231-1237, 1999.

ROESLER, R.; CATHARINO, R.R.; MALTA, L.G.; EBERLIN, M.N.; PASTORE, G. Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v.104, n.3, p.1048-1054, 2007.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p.996–1002, 2010.

RUFINO, M.S.M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 264p. Mossoró-RN, 2008.



SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, n.2, p.774-779, 1998.

SANTOS, G.M.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M.; COSTA, J.M.C.; FIGUEIREDO, R.W.; PRADO, G.M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.58, n.2, 2008.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.8, p.2432-2438, 2002.

SOUSA, C.M.M.; SILVA, H.R.; VIEIRA-JUNIOR, G.M.; AYRES, M.C.C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; CAVALCANTE, L.C.D.; BARROS, E.D.S.; ARAÚJO, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v.111, n.4, p.816-823, 2008.

VILLAÑO D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; MOYÁ, M.L.; TRONCOSO, A.M.; GARCÍA-PARRILLA, M.C. Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. **Talanta**, v.71, n.1, p.230-235, 2007.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.47, n.5, p.1801-1812, 1999.

WU, X.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWTTZ, D.B.; GEBHARDT, S.E.; PRIOR, R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.52, n.12, p.4026-4037, 2004.

XU, B.J.; CHANG, S.K.C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. **Journal of Food Science**, v.73, n.2, p.H19–H27, 2008.

## **6. CONCLUSÕES GERAIS**

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Quanto às características físicas, os frutos dos diferentes genótipos avaliados não apresentam diferença estatística para as variáveis: peso do fruto, diâmetros longitudinal e transversal, no entanto, a relação entre os diâmetros longitudinal e transversal apresentaram uma pequena variação, demonstrando uma forma levemente arredondada nos frutos;
- Todos os genótipos avaliados apresentaram rendimento em polpa superior a 50%, no entanto o genótipo IPA-1 e IPA-2 destacaram-se por apresentar percentual de rendimento próximo de 80%, sendo estes de maior interesse para indústria;
- Quanto às características químicas foi possível observar que os frutos de ciriguela exibiram teores apreciáveis de fitoquímicos com propriedades importantes para saúde humana, como ácido ascórbico, carotenóides e compostos fenólicos;
- Os extratos dos frutos de ciriguela apresentaram considerável ação antioxidante frente ao radical DPPH<sup>•</sup> e ao radical ABTS<sup>+</sup>, podendo considerar que o consumo da ciriguela é uma alternativa para obtenção de antioxidante natural.