



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E FÍSICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DA CIRIGUELEIRA DE PLANTIO
COMERCIAL DO SERTÃO PARAIBANO DURANTE A MATURAÇÃO**

VANDA MARIA DE AQUINO FIGUEIREDO

Areia, PB
Fevereiro de 2018

Vanda Maria de Aquino Figueiredo

**POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DA CIRIGUELEIRA DE PLANTIO
COMERCIAL DO SERTÃO PARAIBANO DURANTE A MATURAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à coordenação do curso de
Agronomia da Universidade Federal da Paraíba
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Silvanda de Melo Silva, Ph.D – Orientadora

2018

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

F475p Figueiredo, Vanda Maria de Aquino.
Potencial funcional de frutos da ciriguela de plantio comercial do
sertão paraibano durante a maturação / Vanda Maria de Aquino
Figueiredo. - Areia: UFPB/CCA, 2018.
42 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

Bibliografia.

Orientadora: Silvanda de Melo Silva.

1. Ciriguela – Qualidade funcional 2. Ciriguela – Pós-colheita 3. *Spondias*
purpurea – Fisiologia da maturação I. Silva, Silvanda de Melo (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 634.442

POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DA CIRIGUELEIRA DE PLANTIO COMERCIAL DO SERTÃO PARAIBANO DURANTE A MATURAÇÃO

Aprovado em 6 de Fevereiro de 2018

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. SILVANDA DE MELO SILVA

Orientadora
DQF/CCA/UFPB

M. Sc. ANTÔNIO FERNANDO DA SILVA

Examinador
PPGA/CCA/UFPB

Prof. Dr^a PERLA JOANA SOUZA GONDIM

Examinadora
IEAA/UFAM

Bel. Agroindústria WHESLEY SILVA DE MORAIS

Examinador
PPGCTA/CT/UFPB

Areia, PB

Fevereiro de 2018

“Mais vale o fim de uma coisa do que seu começo.
Um espírito paciente vale mais do que um orgulhoso”
(Eclesiastes 7; 8)

AGRADECIMENTOS

À *Deus* pelo dom da vida e pelas diversas maravilhas realizadas por mim. Por ter me permitido vivenciar momentos de grandes alegrias, e nos momentos de dificuldades ter me proporcionado força e saúde para vencê-los. A Ti toda a Glória!

À minha mãe, *Virleide*, e à minha Tia, *Vanda*, que em meio a tantas dificuldades tiveram amor, coragem, persistência e sabedoria, permitindo sempre que eu seguisse em frente. Essa conquista também é sua. Amo vocês!

Ao meu avô, *Joaquim Alves de Aquino* (*in memorian*), por ter cultivado a terra com o mesmo amor e paixão dedicados a nós. Saiba que onde estiver, todo esse amor e cuidado transborda hoje neste trabalho.

À minha orientadora, *Profª Silvana de Melo Silva*, pelo acolhimento e exemplo profissional durante estes anos de convívio e principalmente pelas oportunidades a mim oferecidas.

À *Profª Perla Gondim*, ao *Doutorando Antônio Fernando da Silva* e ao *Mestrando Whesley Morais* pela participação como examinadores deste trabalho e pelas contribuições oferecidas a ele.

Às grandes e melhores amigas que a vida poderia me dar, *Fernanda Carla* e *Larissa Almeida*. Nossa relação transpassou a barreira da amizade e nos tornou irmãs de coração. Obrigada por tudo AgroLindas!

Aos amigos da turma *Agronomia 2012.2*, por cada momento compartilhado. Em especial a *Andressa Kamila*, *Gabriel Gustavo*, *Karolayne Tomaz*, *Expedito Cavalcante*, *Diego Alves*, *Galileu Medeiros*, *Francisco Jeanes*, *Lemerson Brasileiro*, *Érico dos Anjos*, *Valdeir Souza*, *Geysillene Mary*, *Adeildo Reis*, *Ian Victor*, *Hiago Antônio* e *Josevan Andrade*. Saibam que o apoio e amizade de vocês foi essencial para o alcance dos meus sonhos. Vocês são demais!

Ao *Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita* (LBTPC/CCA/UFPB) por todo apoio e acolhimento, por cada palavra de incentivo e por todas as conquistas compartilhadas. Todos vocês foram essenciais para a minha formação profissional. Obrigada

Sumário

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | v |
| RESUMO | vi |
| ABSTRACT | vii |
| 1. INTRODUÇÃO | 2 |
| 2. OBJETIVOS..... | 4 |
| 2.1 Objetivo Geral | 4 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 5 |
| 3.1 A cirigueira | 5 |
| 3.2 Aspectos de qualidade | 6 |
| 3.3 Qualidade funcional | 7 |
| 3.4 Fisiologia da maturação | 7 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 9 |
| 4.1 Obtenção dos frutos..... | 9 |
| 4.3 Avaliações | 10 |
| 4.3.1 Físicas e físico-química | 10 |
| 4.3.2 Qualidade funcional..... | 10 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 13 |
| 6. CONCLUSÕES | 26 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Evolução da maturação em frutos da ciriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.) baseada nas mudanças na coloração da casca..... | 9 |
| Figura 2. Luminosidade de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 13 |
| Figura 3. Parâmetro a* da cor de casca de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 14 |
| Figura 4. Parâmetro b* da cor de casca de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 15 |
| Figura 5. Firmeza de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 15 |
| Figura 6. Teor de sólidos solúveis de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 16 |
| Figura 7. Acidez titulável de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 17 |
| Figura 8. Relação SS/AT de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 18 |
| Figura 9. Teor de ácido ascórbico em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 19 |
| Figura 10. Conteúdo de clorofila em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 18 |
| Figura 11. Flavonóides amarelos em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 20 |
| Figura 12. Conteúdo de antocianinas em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 21 |
| Figura 13. Polifenóis extraíveis totais de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação..... | 22 |
| Figura 14. Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD) em frutos de ciriguela em função dos estádio de maturação..... | 23 |
| Figura 15. Atividade da enzima Peroxidase (POD) em frutos de ciriguela em função dos estádio de maturação..... | 24 |
| Figura 16. Atividade antioxidante total, pelo método de DPPH, de frutos da ciriguela com a evolução da maturação..... | 25 |

FIGUEIREDO, V. M. A. POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DA CIRIGUELEIRA DE PLANTIO COMERCIAL DO SERTÃO PARAIBANO DURANTE A MATURAÇÃO. Fev. De 2018, 42p. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba. Orientadora: Silvanda de Melo Silva.

RESUMO

A cirigueleira apesar de ser uma espécie originária da América Central, adaptou-se muito bem ao clima quente e seco do Nordeste do Brasil. De aroma agradável e cor atraente, a ciriguela é comercializada durante sua safra, basicamente, em rodovias, feiras livres e quitandas. Com um grande potencial para ocupar a cadeia produtiva, são necessários estudos sobre sua composição nutricional e o poder funcional, valorizando a qualidade do fruto e conseqüentemente abrindo novos mercados. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade e as propriedades funcionais da ciriguela durante a maturação. Frutos de ciriguela foram colhidos em pomar no município de Imaculada-PB e encaminhados ao Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba em Areia-PB. No laboratório os frutos foram separados em sete estádios de maturação, conforme a coloração da casca, sendo eles: verde intenso (VI), verde (V), verde claro (VC), verde amarelado (VA), amarelo (A), laranja (L) e vermelho púrpura (VE). Foram avaliados os parâmetros L , a^* , b^* da coloração da casca, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável e a relação SS/AT. Também foram determinados os conteúdos de compostos bioativos, ácido ascórbico, clorofila, flavonóides, antocianinas, polifenóis extraíveis totais (PET), atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD) e atividade antioxidante pelo método de DPPH. A coloração dos frutos passa por grandes alterações durante a maturação entre o verde intenso e o vermelho púrpura. Frutos a partir do estágio verde amarelado não demonstraram diferenças significativas na firmeza e na acidez, ao contrário do que aconteceu com o teor dos sólidos solúveis e a relação SS/AT, que foi crescente até o fim da maturação. A atividade da SOD declinou dos estádios verde ao verde amarelado, sendo neste último estágio observada a maior atividade da enzima POD. Os frutos da cirigueleira apresentaram elevada capacidade antioxidante pelo método de DPPH, indicando assim, o seu alto potencial funcional.

Palavras-chave: *Spondias purpurea* L.; pós-colheita; qualidade funcional; antioxidante; atividade enzimática

FIGUEIREDO, V. M. A. **FUNCTIONAL POTENTIAL OF RED MOMBIN FRUITS OF THE COMMERCIAL PLANTING OF BACKWOODS PARAIBANO DURING MATURATION.** Feb. 2018, 42p. Term Report for the Degree in Agronomy, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Advisor: Prof. Silvanda de Melo Silva

ABSTRACT

The red mombin fruit, although being a native species from Central America, it is well adapted to the hot and dry climate of Northeast Brazil. Having a pleasant aroma and attractive color, red mombin fruit is commercialized during the production season basically in highways, fairs and greengroceries. With great potential to occupy the productive chain, studies are needed on its nutritional composition and functional properties, valuing the quality of the fruit and consequently opening new market possibilities. Based on that, the aim of this study was to evaluate the quality and the functional properties of the red mombin fruit during its maturation. The red mombin fruits were harvested in an orchard in the municipality of Imaculada-Paraíba and sent to the Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita Laboratory, at the Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba in Areia-Paraíba., The fruits were separated in the laboratory in seven maturation stages, according to the fruit peel color, being: intense green (VI), green (V), light green (VC), yellowish green (VA), yellow (A), orange (L) and reddish-purple (VE). The parameters L, a*, b* of the fruit peel color, firmness, soluble solids, titratable acidity and SS/AT ratio were evaluated. The content of bioactive compounds, ascorbic acid, chlorophyll, flavonoids, anthocyanins, total extractive polyphenols (PET), enzyme activities of the superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) and antioxidant activity were also determined by the DPPH method. The fruit color undergoes great changes during the maturation, from the intense green to the reddish-purple. Fruits from the yellowish green stage did not show any significant differences in firmness and acidity, differently to what happened to the soluble solids content and the SS/AT ratio, which increased until the end of maturation. The SOD activity declined from green to yellowish green stages, with the highest POD enzyme activity in this last stage. The red mombin fruits presented high antioxidant capacity by the DPPH method, indicating its high functional potential.

Keywords: *Spondias purpurea* L.; post harvest; functional quality; antioxidants; activity enzymatic

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura vem a cada dia ganhando espaço na economia brasileira, com produtos atingindo cerca de 100 países (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017). No entanto, são poucos os frutos nativos do Brasil que fazem tradicionalmente, parte dos mercados institucionais, sendo necessários estudos integrados no sentido de introduzir essas espécies nativas e não tradicionais nas cadeias produtivas (GONDIM, 2013).

As regiões Norte e Nordeste do Brasil são o lar de inúmeras frutas nativas e exóticas pouco conhecidas e exploradas fora de suas áreas de produção, a exemplo da ciriguela (*Spondias purpurea* L.), com potencial para o consumo fresco e também para o processamento. A cirigueleira, uma frutífera de porte médio que chega a atingir até 6 metros, é nativa da América Central, tendo sido dispersada pelo México, Guatemala, Caribe, e em alguns países da América do Sul, principalmente na região Nordeste do Brasil (SAMPAIO et al., 2008).

Devido a seu excelente sabor, a ciriguela é muito apreciada no Nordeste do Brasil, sendo a demanda direcionada para sucos e polpas, para o consumo fresco e também para as indústrias de sorvetes e doces, que vem aumentando continuamente (SOARES, 2011).

Os frutos da cirigueleira possuem um teor moderado de calorias e baixos conteúdos de gordura, sendo fonte de fibras (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO, 2011), além de serem considerados excelente fonte de carboidratos, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas A, B e C, além de metabólitos secundários, a exemplo de compostos fenólicos (SILVA, 2015), considerados agentes com potencial funcional. Segundo Engels et al. (2012) entre os compostos fenólicos presentes na polpa de ciriguela estão os ácidos gálico e clorogênico, quercitina, rutina e kampferol.

Os compostos fenólicos são eliminadores eficazes de radicais livres, além de apresentarem um alto potencial antioxidante, devido ao seu grande número de hidroxilas fenólicas (KUATE et al., 2010), no entanto, a atividade antioxidante dos frutos não pode ser atribuída apenas ao conteúdo de fenólicos, mas sim, aos diferentes compostos antioxidantes presentes e à possíveis efeitos sinérgicos e antagonistas entre esses (ALMEIDA et al., 2011).

É considerável o número de frutos não tradicionais ricos neste tipo de compostos, o que indica uma perspectiva promissora para a exploração dessas espécies futuramente

(RUFINO, 2010), já que a comercialização de frutos exóticos ainda é pouco desenvolvida, devido a falta de pesquisas que visem a agregação de valor a tais frutos, além da falta de critério, desde o cultivo até a colheita.

Com relação a ciriguela, esta foi pouco caracterizada quanto as suas propriedades funcionais, sendo este um entrave na sua valorização comercial. Neste sentido, se faz necessário gerar informação, a fim de ampliar, diversificar e maximizar a exploração dessa frutífera, agregando valor para seu fruto e derivados, bem como proporcionar bem estar e desenvolvimento para os indivíduos e regiões envolvidas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Descrever as mudanças na qualidade e no potencial funcional durante a evolução da maturação de frutos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.)

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as mudanças da maturação, nos parâmetros de qualidade físicos, físico-químico;
- Quantificar as mudanças nos compostos bioativos e a atividade antioxidante da ciriguela durante a maturação.
- Avaliar a atividade enzimática antioxidante dos frutos durante a maturação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cirigueleira

Nativa da América Central, a cirigueleira (*Spondias purpurea* L.) pode ser encontrada no México, Guatemala, Caribe e também alguns países da América do Sul, principalmente, no Nordeste do Brasil (SAMPAIO et al., 2008). Esta espécie pertence à família *Anacardeaceae*, assim como a manga, o caju e o cajá.

Com diversas denominações pelo mundo, ciriguela (SILVA et al., 2016), siriguela (AUGUSTO et al., 2012), ceriguela (FURTADO et al., 2010), mexican plum (SOLORZANO-MÓRAN et al., 2015), ciruela mexicana (ALIA-TEJACAL et al., 2012), jocote (ENGELS et al., 2012), red mombin (KOHATSU., 2011), este pequeno fruto tem aroma e sabor agradáveis e é geralmente consumido fresco.

O fruto da cirigueleira é do tipo drupe, com forma ovóide, pesando entre 15 e 20 gramas, com coloração variando entre o amarelo e o vermelho intenso, casca fina e lisa, polpa amarela, com semente branca e grande, em relação ao fruto (CAMPBELL; SAULS, 1994).

Segundo Lira Júnior et al. (2010), a safra da ciriguela no Nordeste brasileiro se estende de dezembro à fevereiro e tem uma exploração baseada, majoritariamente, no extrativismo, concentrando-se nas áreas semiáridas do Agreste e Sertão desta região. Esta frutífera tem grande potencial socioeconômico nas áreas de ocorrência, onde gera emprego e renda, sendo amplamente comercializada durante a safra nas rodovias, feiras livres e quitandas.

Apesar da importância socioeconômica destes frutos, segundo Sacramento et al. (2007) há carência de pesquisas visando a valorização e estruturação da cadeia produtiva, que permitam a exploração racional em cultivos comerciais, a começar pela seleção de matrizes produtivas cujos frutos possuam características desejáveis para consumo fresco e para indústria.

Estudos já vem sendo realizados com esta matéria prima para a formulação de diversos produtos como bebidas fermentadas (MUNIZ et al., 2002), néctares (SOUZA FILHO et al., 2002), geleia, doce de corte (LIMA; MELEIRO, 2012). Entretanto, estudos que avaliem as mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante durante a maturação, ainda são necessários.

3.2 Aspectos de qualidade

A qualidade de frutos e hortaliças está relacionada ao conjunto de atributos ou propriedades que o tornam apreciados como alimento, não estando associada apenas a aspectos físico-químico e microbiológico, mas também as características sensoriais agradáveis aos consumidores como aparência, sabor e textura, interagindo com as condições fisiológicas, psicológicas e sociológicas do indivíduo (CHITARRA; CHITARRA, 2005; DUTCOSKY, 2011).

Para compreensão da qualidade de um fruto diversas características podem ser avaliadas, no entanto, cada uma deve ser analisada de maneira diferente, indicando a época e o estágio de maturação mais adequado para a colheita (LIMA et al., 2002).

Neste contexto, os caracteres físicos dos frutos referentes à aparência externa, tamanho, forma e cor da casca, e as características físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, podem servir de indicadores de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Esses atributos de qualidade além de serem afetados por fatores genéticos e ambientais, também sofrem com uso de manejos inadequados na colheita e na pós-colheita (KADER et al., 2008).

Na ciriguela várias são as características que podem ser denominadas como atributos de qualidade, a exemplo do teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, compostos fitoquímico e fenólicos, além da capacidade antioxidante do fruto (SILVA, 2011).

Os sólidos solúveis além de indicarem a quantidade de substâncias dissolvidas na polpa, também são utilizados como índice de maturação para a colheita. Lira Júnior et al. (2010) no seu estudo com clones de ciriguela relata valores em média de 19,94 °Brix para os frutos, valores menores quando comparados aos encontrados por Vargas et al. (2017) em ciriguelas maduras (23,9 °Brix).

A acidez titulável e o pH dos frutos avaliam a acidez do fruto. Filgueiras et al. (2001) observou redução na acidez e aumento do pH dos frutos da ciriguela durante a maturação, indicando uma diminuição dos ácidos presentes nos frutos.

A relação entre estes e outros atributos de qualidade proporcionam a compreensão da qualidade do produto, auxiliando a colheita, seja para consumo seja para processamento.

3.3 Qualidade funcional

A partir da observação da baixa incidência de doenças de alguns povos, passou-se a questionar a importância de suas dietas para a qualidade de vida e como esses alimentos podem reduzir certos efeitos (MORAES; COLLA, 2006).

A indicação de uma alimentação diversificada em frutas, legumes e hortaliças está voltada para além do conteúdo de micronutrientes essenciais, incluindo a presença de compostos bioativos nestes, que ganham cada vez mais destaque por apresentarem benefícios à saúde (SOARES et al., 2015).

Foi no Japão que surgiu o conceito de “Alimento funcional” para esse tipo de alimento. Ou seja, alimentos que demonstrem benefícios fisiológicos ou que reduzem os riscos de doenças crônicas, além de suas funções nutricionais básicas (COSTA; ROSA, 2016).

Segundo Patil et al. (2009), compostos bioativos são metabólitos secundários, amplamente distribuídos no reino vegetal e sem necessariamente característica nutricional, entretanto são compostos essenciais para a manutenção da saúde humana. Entre os compostos bioativos que conferem ao alimento uma característica funcional estão os ácidos graxos, compostos fenólicos e os antioxidantes (SALGADO, 2016), a exemplo do ácido ascórbico.

Um composto bioativo, entretanto pode demonstrar certa atividade biológica *in vitro*, e ser ineficaz *in vivo*, devido a rápida metabolização e excreção, ou apenas por não ser biodisponível (HORST; LAJOLO, 2007). Assim é necessário que estudos demonstrem a capacidade desses compostos tanto *in vitro* quanto *in vivo* dessa atividade biológica.

Nesse sentido, Villa-Hernández et al. (2017) em seu estudo avaliaram a capacidade *in vitro* e *in vivo* de diversos ecotipos de ciriguelas no México. Utilizando nematóides, eles puderam concluir que cada ecotipo possui capacidade antioxidante diferente *in vitro*, sendo diferentes também quanto a sua biodisponibilidade.

3.4 Fisiologia da maturação

O ciclo vital de um fruto pode ser dividido nas fases de desenvolvimento, maturação, amadurecimento e senescência (TUCKER, 1993). É durante a fase da

maturação do fruto que ocorrem diversas alterações fisiológicas e bioquímicas que promovem o desenvolvimento de aroma e sabor, assim como mudanças na aparência, a exemplo na coloração da casca (McATEE et al., 2013).

Diversas são as alterações bioquímicas, tais como o aumento da respiração, degradação da clorofila, biossíntese de carotenóides, antocianinas e os componentes de sabor e aroma, aumento na atividade de enzimas, que atuam na degradação da parede celular e um aumento transitório na produção de etileno ao final da a maturação, são algumas das mudanças ocorridas (PRASANNA; PRABHA; THARANATHAN, 2007).

Vários critérios têm sido utilizados na determinação da maturidade de frutos, baseados no aspecto aparência (coloração, massa, diâmetro, comprimento) e na composição química (sólidos solúveis, acidez titulável), do produto na época da colheita (MARTINS et al., 2003).

Determinante para a qualidade dos frutos, o estágio de maturação durante a colheita é um dos mais importantes fatores, bem como, as características específicas do genótipo que deve ser o principal fator a ser considerado (DANTAS et al., 2016).

A ciriguela por ser um fruto climatérico, tem seu processo de maturação caracterizado por um aumento na taxa respiratória e na produção de etileno, o que proporciona aos frutos uma vida útil pós-colheita reduzida. Como forma de minimizar potenciais perdas pós-colheita ocasionadas pela manipulação e o armazenamento, é essencial que a colheita seja feita em estádios de maturação que tolerem períodos mais longos de armazenamento e proporcione evolução das características de qualidade, aceitável aos consumidores, similares aos frutos que realizaram seu processo de maturação ainda na planta (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014). Os frutos colhidos imaturos, além de pouca qualidade, sofrem alta perda de água causando aspecto enrugado nos frutos além, de apresentarem exsudação da seiva (HULME, 1970)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção dos frutos

Os frutos da cirigueleira foram provenientes de plantio comercial, localizado no município de Imaculada, localizado na microrregião da Serra do Teixeira, estado da Paraíba. A área implementada a cerca de 30 anos através de estaquia conta com cerca de 117 plantas. Os frutos foram colhidos nas primeiras horas da manhã, acondicionados em caixas de isopor térmicas e encaminhados ao laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado em Areia-PB.

No laboratório os frutos foram classificados segundo a coloração de casca e separados em sete estádios de maturação (FIGURA 1). O estágio 1 se caracterizou por frutos de coloração verde intenso (VI), o estágio 2 por frutos com coloração verde (V), o estágio 3 por frutos de cor verde claro (VC), o estágio 4 por frutos com coloração verde amarelado (VA), o estágio 5 por frutos amarelos (A), o estágio 6 por frutos com coloração laranja (L) e o estágio 7 com frutos com coloração vermelho púrpura (VE).

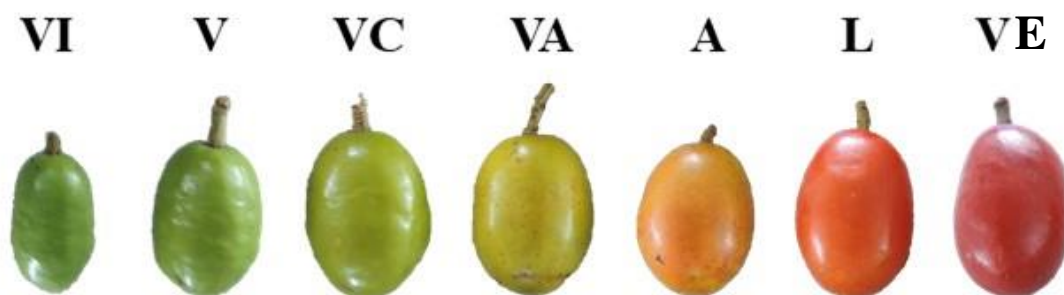


Figura 1. Evolução da maturação em frutos da cirigueleira (*Spondias purpurea* L.) baseada nas mudanças na coloração da casca.

4.2 Delineamento experimental e análise estatística

Para as características físicas foram utilizados 40 frutos, sendo cada fruto uma repetição. Para as avaliações físico químicas foram utilizadas 4 repetições por estágio de maturação, sendo cada repetição composta por 40 frutos.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), utilizando o software estatístico SISVAR. As medias entre os estádios de maturação foram comparadas pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade de erro.

4.3 Avaliações

4.3.1 Físicas e físico-química

Firmeza (N): Determinada através de penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester, região de inserção de 2/16 polegadas de diâmetro (MELO et al., 2017).

Coloração da Casca: Através de avaliação objetiva, com colorímetro digital Minolta, o qual expressa a cor em parâmetros: L* (corresponde à claridade/luminosidade); a* (define a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*)) e b* (representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*)), onde quanto mais distante do centro (=0), mais saturada a cor (CALBO, 1989)

Sólidos Solúveis (%): Determinado por leitura direta com refratômetro de bancada tipo ABBE com controle de temperatura (20°C) conforme Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (1984);

Acidez Titulável (AT – g. ácido cítrico. 100 g-1 de polpa): determinado por titulometria utilizando-se solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína, até obtenção de coloração róseo claro permanente, utilizando 10 g da amostra em 50 mL de água destilada conforme metodologia Instituto Adolf Lutz (2005), utilizando para a expressão dos resultados a fórmula: $(V \times F \times M \times PM) / (10 \times P \times n)$, onde V= volume gasto de NaOH na titulação em mL; F fator de correção da solução de NaOH; M = molaridade da solução de hidróxido de sódio; PM = peso molecular do ácido correspondente em g; P = massa da amostra em g; e n = número de hidrogênios ionizáveis do ácido predominante na amostra.

Relação SS/AT: mediante divisão dos índices de SS por AT (MELO et al., 2017);

4.3.2 Qualidade funcional

Ácido ascórbico (mg.100g-1): Determinado por titulometria, utilizando-se solução de DFI (2,6-dicloro-fenolindofenol 0,002%) em 50 mL de ácido oxálico 0,5%, conforme Strohecker e Henning (1967).

Flavonóides Amarelos (mg.100g-1): Quantificados através de espectrofotometria a 374

nm, seguindo a metodologia de Francis (1982). Os dados foram calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6.

Antocianinas (mg.100g-1): Quantificadas através de espectrofotometria a 535 nm, seguindo a metodologia de Francis (1982). Os dados foram calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/98,2.

Clorofila Total (mg.100g-1): por espectrofotometria a 652 nm, utilizando-se como solução extratora acetona a 80% para desintegração por meio da maceração, conforme recomendação de Bruinsma (1963), calculado pela equação de Engel e Poggiani (1991): Clorofila total = $[(xabs \times 1000 \times V) / (1000 \times W)] / 34,5 \times 100$, onde: V = volume final do extrato clorofila-acetona, W = peso da casca em gramas e xabs = absorbância;

Obtenção do extrato fenólico: Os extratos foram obtidos conforme Dantas et al. (2015). Resumidamente, em tubos tipo Falcon de 15 mL, pesou-se 1g de cada amostra e adicionou-se 4 mL de metanol 50%. Os tubos foram agitados por 1 minuto e mantidos em repouso, no escuro, durante 1 hora. O extrato foi centrifugado a 4 ° C em 9.000 rpm, durante 20 minutos. O sobrenadante foi reservado e ao resíduo foram adicionados 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 hora, sendo centrifugado em seguida por 20 minutos em 9.000, a 4 ° C. Os dois sobrenadantes foram reunidos e o volume final do tudo ajustado para 10 mL com água destilada. Todo o procedimento foi realizado no escuro.

Polifenóis Extraíveis Totais – PET (mg.100g-1): O conteúdo total de polifenóis extraíveis foram determinados por espectrofotometria pelo método de Folin-Ciocalteu, com modificações (DANTAS et al., 2015). Foi tomada uma alíquota do extrato a qual foi diluída para 1000 mL com água destilada. A essa diluição acrescentou-se 1,0 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, 2,0 mL de carbonato de sódio 20% e 2,0 mL de água destilada. Agitou-se o tubo de ensaio, manteve-se em repouso na ausência de luz, por 30 minutos e realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 700 nm. O teor Estimado de compostos fenólicos foi obtido utilizando-se uma curva padrão de ácido gálico (R = 0,9983)e os resultados expressos em mg de ácido gálico por 100g de peso fresco.

Obtenção do extrato enzimático: Pesou-se 1 grama da amostra em almofariz, adicionou-se 5 mL do tampão fosfato de potássio (100mM, pH 7,0) contendo 0,1 Mm de

EDTA e 1% de PVP. Após a adição o conteúdo foi macerado com o auxílio de pistilo por 1 minuto. O homogeneizado foi centrifugado a 9.000 rpm durante 15 minutos e então obteve-se o extrato a partir do sobrenadante. Todo processo foi realizado sob banho de gelo.

Determinação da atividade da Superóxido Dismutase: Determinada através de espectrofotometria de acordo com Lv et al. (2011). Em tubos de ensaio preparou-se a mistura de reação contendo o tampão fosfato de potássio (75 mM, pH 7,8) com 19,5 Mm de metionina e 75 Mm de EDTA, extrato enzimático, solução de NBT 750 μ M e riboflavin 10 μ M. Todo procedimento foi realizado na ausência de luz. Após agitação os tubos foram encaminhados à câmara luminosa onde permaneceram por 5 minutos. Após esse período as absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 560 nm.

Determinação da atividade da peroxidase: Determinada por espectrofotometria de acordo com Wu et al. (2010). Em tubos de ensaio preparou-se as misturas de reação contendo tampão fosfato de potássio 100 Mm (pH 7,0), guaiacol 1% como substrato da reação, peróxido de hidrogênio 1,5% e o extrato enzimático. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 470 nm. Foi realizada uma leitura inicial e uma após 3 minutos de reação.

Atividade Antioxidante Total – AAT (g de polpa. g DPPH-1): Determinada mediante sequestro do radical livre DDPH (1,1'-diphenil-2-picrilhidrazil) (BRAND-WILIAMS et al., 1995). A partir do extrato fenólico, foram preparadas as diluições de 200, 400 e 600 μ L.mL⁻¹, das quais utilizou-se um alíquota de 100 μ L para 3,9 mL do radical DPPH (0,06 mM). Como controle utilizou-se 100 μ L da solução controle (álcool metílico 50% + acetona 70%) ao invés do extrato fenólico. Álcool metílico PA foi utilizado para a calibração do espectrofotômetro, no comprimento de onda de 515 nm. Todas as etapas desta determinação foram realizadas no escuro. O cálculo da AAT (g de fruta/ g DPPH) levou em conta a equação da reta, a partir da absorbância das três diluições, substituindo-se em seguida na equação a absorbância equivalente a 50% da concentração do DPPH (absorbância inicial do controle/2), encontrando-se a quantidade da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC50). Para esta determinação, todo procedimento foi realizado na ausência de luz.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A luminosidade dos frutos aumentou até atingir o estágio verde amarelado (VA), quando passou a apresentar um declínio até o fim da maturação (FIGURA 2). Maldonado-Astudillo et al. (2014) observaram efeito similar na luminosidade de ciriguelas armazenadas no estágio semi-madura a 25 °C no México, onde após um aumento dos valores no início do armazenamento apresentou uma redução com o avanço dos dias de armazenamento. Esses autores ainda afirmam que os valores de luminosidade variam de acordo com o estágio de maturação de colheita, de modo que o estágio verde foi o que proporcionou maior incremento nesses valores, em contraste ao aqui observado, cujo maior valor de L^* foi de frutos colhidos quando verde amarelados.

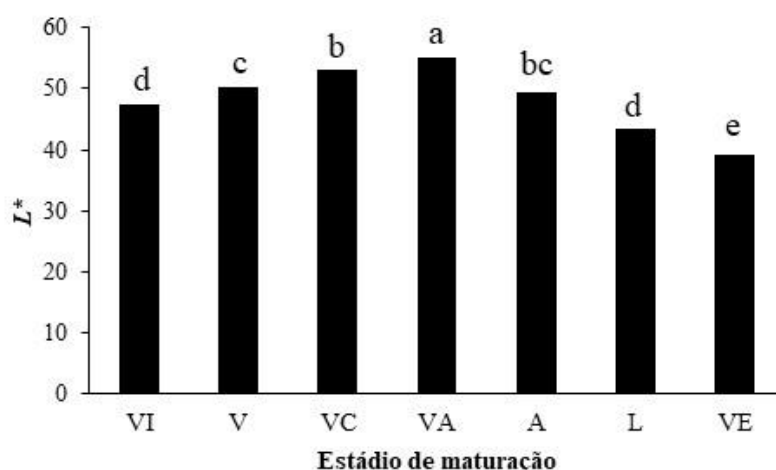


Figura 2. Luminosidade de frutos de ciriguela em função dos estágios de maturação. n=40

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Em ciriguela, a variável de cor a^* aumentou com o avanço da maturação, evoluindo de valores negativos de frutos verde claro, para positivos a partir de frutos verde amarelados, indicando assim a transição da coloração verde para vermelha (FIGURA 3). Essa mudança de coloração é comum na maturação, e está relacionada a degradação nos níveis de clorofila pelas clorofilases e aumento na biossíntese de carotenóides (VARGAS et al., 2017).

A partir do estágio verde amarelado os valores de a^* evoluem rapidamente, certamente em decorrência da biossíntese de outros pigmentos, a exemplo de flavonóides

e antocianinas (DANTAS et al., 2015).

Segundo Martins et al. (2003) a coloração vermelho púrpura da casca da ciriguela é um dos principais indicativos da máxima qualidade para consumo, apresentando turgidez e aroma característicos.

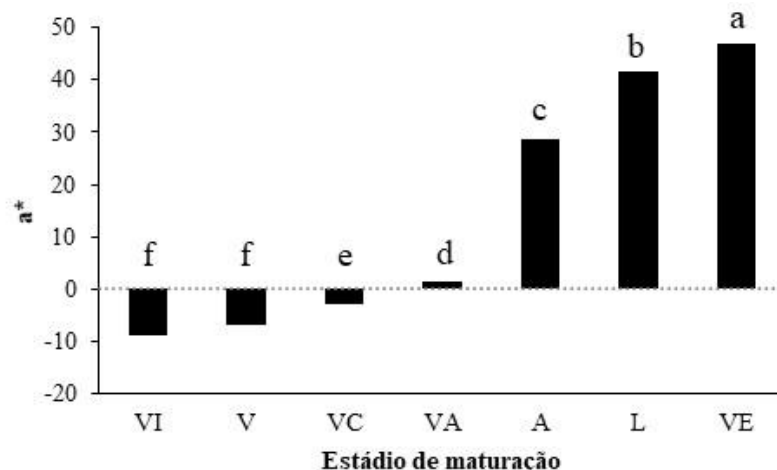


Figura 3. Parâmetro a* da cor de casca de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=40

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O parâmetro b*, que representa a transição dos tons azul para os amarelos, apresentou progressivo aumento até o estágio verde amarelado, decorrente do provável aumento do teor de carotenóides, quando passou a apresentar uma redução desses valores (FIGURA 4). A partir do estágio verde amarelado os valores de b* declinam em decorrência do acionamento de vias biossintéticas associadas a pigmentos de natureza fenólica.

A cor epidérmica do fruto da ciriguela está intimamente ligada ao metabolismo da clorofila (verde), carotenóides (amarelo-vermelho) e de polifenóis (vermelho-azul) que, por sua vez, confere as propriedades antioxidantes deste fruto (MALDONADO ASTUDILLO et al., 2017).

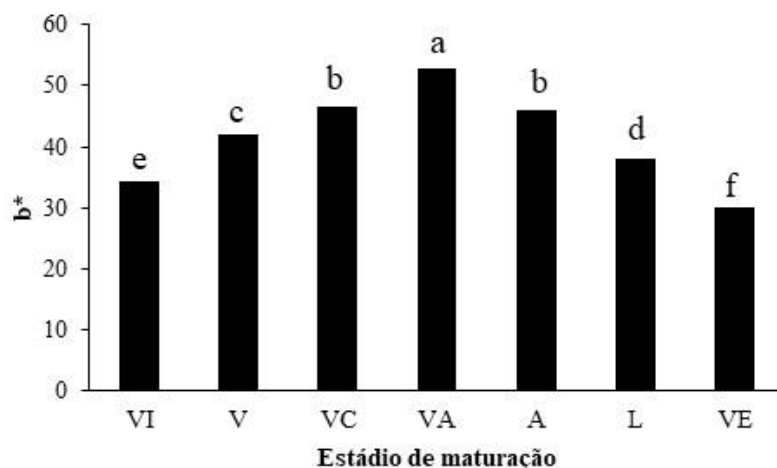


Figura 4. Parâmetro b* da cor de casca de frutos de cirigueleira em função dos estádios de maturação. n=40
 VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura
 Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A firmeza apresentou tendência ao declínio durante a maturação, sendo esta mais brusca na transição do estágio laranja para o vermelho púrpura, obtendo cerca de 50% de declínio em comparação ao estágio inicial (FIGURA 5).

A redução da firmeza é causada pela perda de turgor, gerada pela transpiração, e pela degradação da parede celular através da ação de enzimas de parede celular como a celulase, pectinometilsterase e a poligalacturonase, associadas à degradação de polissacarídeos que levam ao amaciamento do fruto (KOBLOITZ, 2010; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

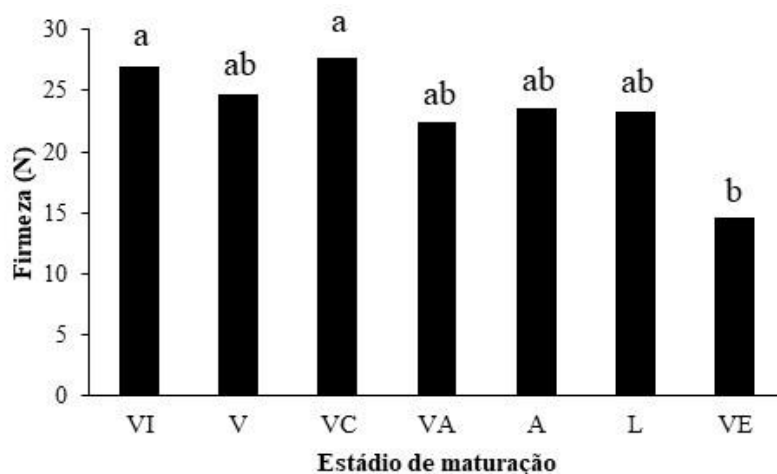


Figura 5. Firmeza de frutos de cirigueleira em função dos estádios de maturação. n=4
 VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura
 Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O teor de sólidos solúveis (SS) da ciriguela aumentou com o avanço da maturação dos frutos (FIGURA 6). Os frutos apresentaram no estágio vermelho púrpura teor de SS de 20,81%, quase quatro vezes superior ao inicial. Esse teor de SS é bem superior ao reportado para outras espécies do gênero *Spondias*, como o cajá (*Spondias mombim* L.), umbu (*Spondias tuberosa*) e o umbu-cajá (*Spondias* sp.) (CAVALCANTE et al., 2009; MENEZES et al., 2017; LIMA et al., 2015).

Entre frutos deste gênero, a ciriguela é considerada a mais doce de todas. Os valores de sólidos solúveis mais próximos ao desta espécie só são encontrados neste grupo entre os frutos da umbugueleira (*Spondias* sp.), um híbrido entre o umbuzeiro e a ciriguela (DANTAS et al., 2016).

Apesar de comumente se relacionar o teor de SS do fruto com o conteúdo de açúcares presentes, não se pode fazer uma relação direta com a doçura, visto que a presença de outras substâncias como vitaminas, compostos fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos e outros, que se encontram diluídas no meio celular também afetando esse atributo (CHITARRA; ALVES, 2001). Assim a doçura é melhor representada pela relação SS/AT.

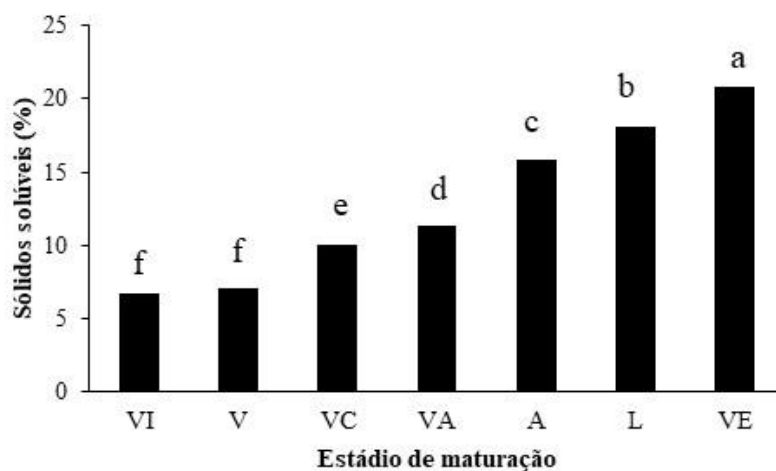


Figura 6. Teor de sólidos solúveis de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A acidez titulável diminuiu durante a maturação, sendo frutos do estágio verde intenso os com maior acidez, e havendo declínio até os frutos se tornarem verde amarelados, estabilizando a partir desta coloração (FIGURA 7). Estes resultados estão de

acordo com os relatados por Filgueiras et al. (2001) e Vargas et al. (2017).

A acidez de frutos como a ciriguela é atribuída à presença de ácidos orgânicos, que influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade dos alimentos (SOARES, 2011).

De acordo com Tucker (1993) a diminuição da acidez durante a maturação, ocorre, provavelmente, em decorrência da transformação dos ácidos em outros componentes do flavor, a exemplo de açúcares e substâncias voláteis, mas também devido ao uso desses ácidos no processo de respiração, como o ciclo de Krebs, que oxida ácidos orgânicos para fornecer energia necessária para manutenção da integridade celular (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

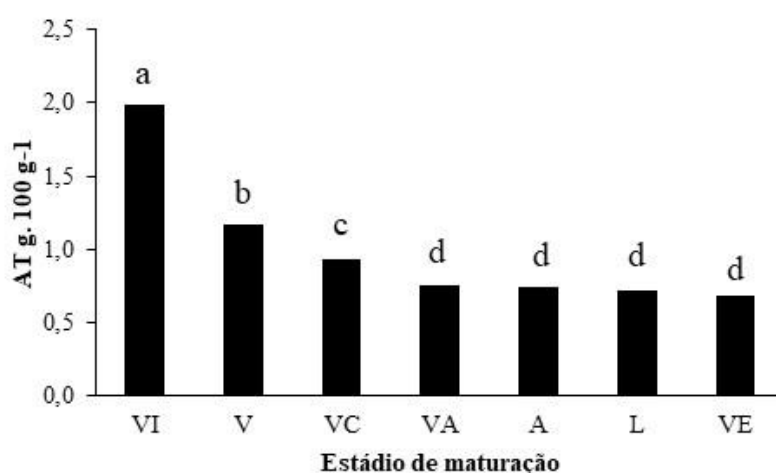


Figura 7. Acidez titulável de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A relação SS/AT aumentou continuamente com o avanço da maturação, alcançando um índice em torno de 30 em frutos vermelhos (FIGURA 8). López et al. (2004) ao avaliar o efeito do grau de maturidade na qualidade pós-colheita de ciriguelas, encontrou valores para essa relação de 23,4 para frutos maduros, sendo este bem inferior ao encontrado neste estudo.

A elevada relação SS/AT nos estádio mais avançados é um indicativo da intensidade de sabor dos frutos para consumo fresco. Portanto, representa um dos índices mais apropriados para avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares e/ou de acidez (PINTO et al., 2003).

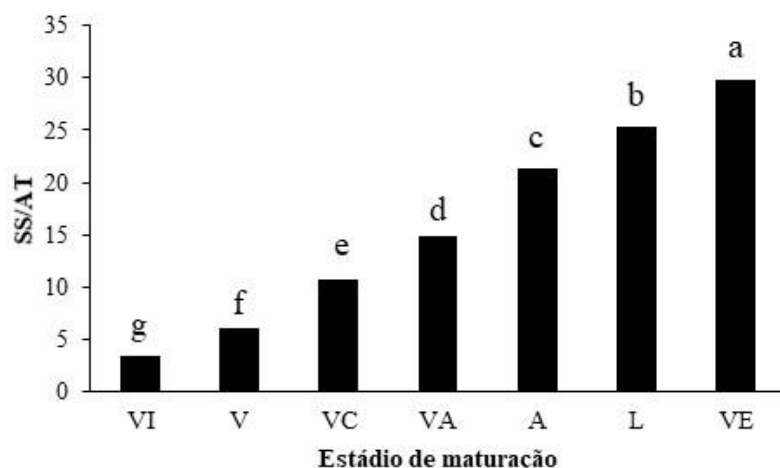


Figura 8. Relação SS/AT de frutos de cirigueleira em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Em ciriguela o teor de ácido ascórbico variou durante a maturação entre 22,80 a 36,5 mg.100g⁻¹ (FIGURA 9), mas o teor encontrado é superior, em frutos verde claros, que o reportado por Almeida et al. (2011) para ciriguelas (29,6 mg.100g⁻¹), e do que o reportado por Carvalho et al. (2015) para frutos de cajázeira (13,7 mg.100g⁻¹).

Segundo Andrade et al. (2002), frutos com teores de ácido ascórbico variando de 25 a 50 mg.100g⁻¹ são caracterizadas baixas fontes deste antioxidante. No entanto, López et al. (2004) reporta teores durante a maturação entre 49,2 e 88,1 mg.100g⁻¹ em ciriguelas mexicanas.

O ácido ascórbico é um antioxidante essencial para os seres humanos, não só necessário para uma série de reações metabólicas essenciais, mas também como um agente importante contra o estresse oxidativo (SOLORZANO-MÓRAN et al., 2015).

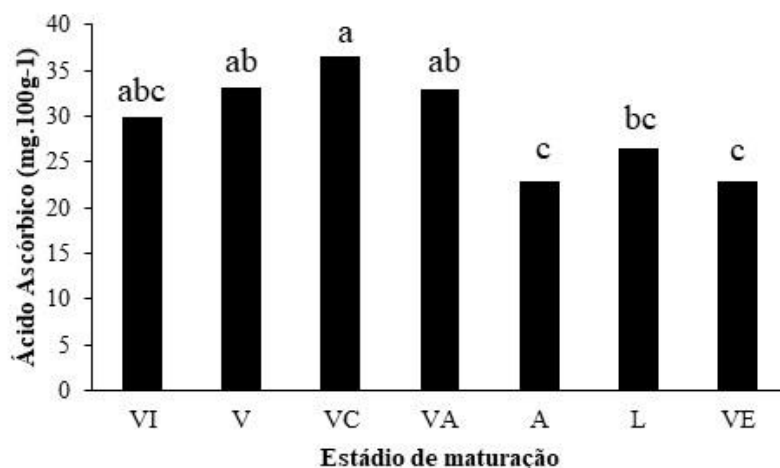


Figura 9. Teor de ácido ascórbico em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A conteúdo de clorofila total diminuiu com o avanço da maturação dos frutos, como observado na mudança de coloração do fruto (FIGURA 10). Esta degradação está associada à decomposição estrutural da clorofila, causada por fatores em conjunto ou isoladamente, a exemplo de alterações no pH, atividade de enzimas como a clorofilase, e a presença de sistemas oxidantes, enzimáticos ou não (KOBELITZ, 2010).

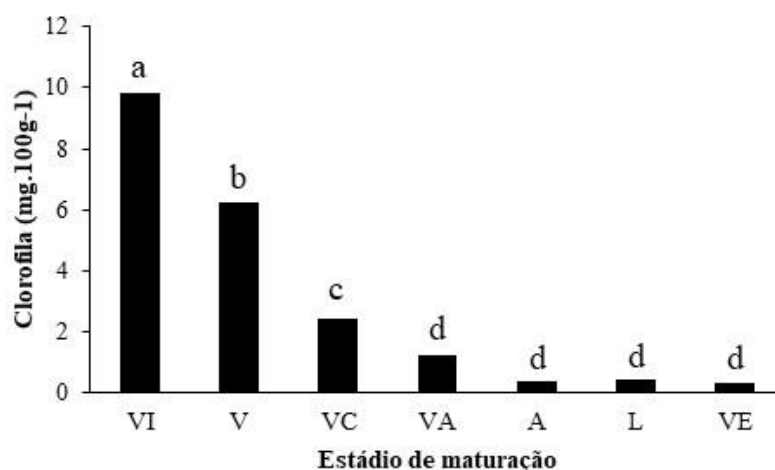


Figura 10. Conteúdo de clorofila em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O conteúdo de flavonóides de ciriguela apresentou redução até o estágio amarelo, apresentando aumento em frutos vermelhos púrpura (FIGURA 11). Os flavonóides pertencem a um vasto grupo de compostos polifenólicos que são amplamente distribuídos em alimentos de origem vegetal, que despertaram curiosidade devido à sua habilidade de eliminação de oxidantes e radicais livres *in vitro* (ROSS; KASUM, 2002).

Rufino et al. (2010) reportou conteúdos de 7,1 e 6,9 mg/100g de polpa, em frutos maduros de cajá e umbu, respectivamente. Conteúdo inferior ao encontrado nos estádios verde intenso e verde, mas superior se comparado ao estágio vermelho púrpura dos frutos de ciriguela.

Os principais flavonóides presentes na casca da ciriguela são a quercetina, ramnetina, campferol e caempferídeos, que compartilham o esqueleto de carbono comum do núcleo do flavonol, mas variam no número e na estrutura das suas porções de grupamentos hidroxilos e metoxilos (ENGELS et al., 2012).

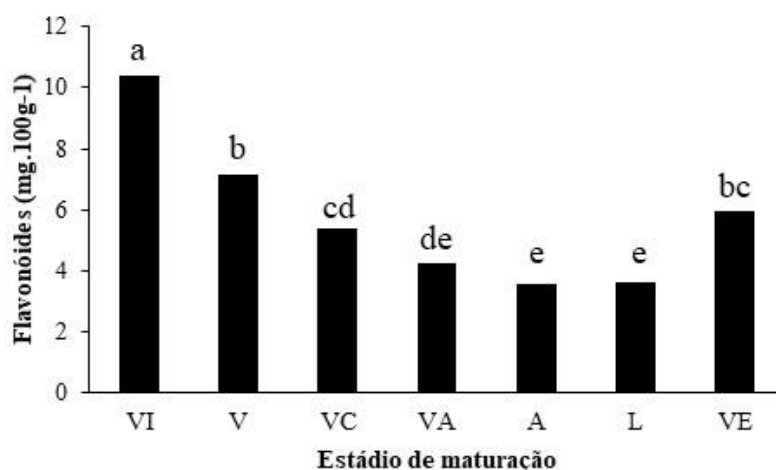


Figura 11. Flavonóides amarelos em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O teor de antocianinas aumentou com o avanço da maturação dos frutos, tendo um aumento brusco quando a coloração aparente dos frutos foi o vermelho, se destacando pelo teor muito superior, cerca de 0,8 mg. 100g⁻¹ (FIGURA 12). O acúmulo deste pigmento proporciona uma aparência atrativa aos frutos devido a coloração avermelhada, com implicações no potencial funcional dos frutos.

Neste sentido, antocianinas demonstram ter a capacidade para reparar e proteger a integridade do DNA, reduzir o estresse oxidativo e melhorar a função cognitiva do cérebro humano (VILLACORTA; INFANTE; VÁSQUEZ, 2007).

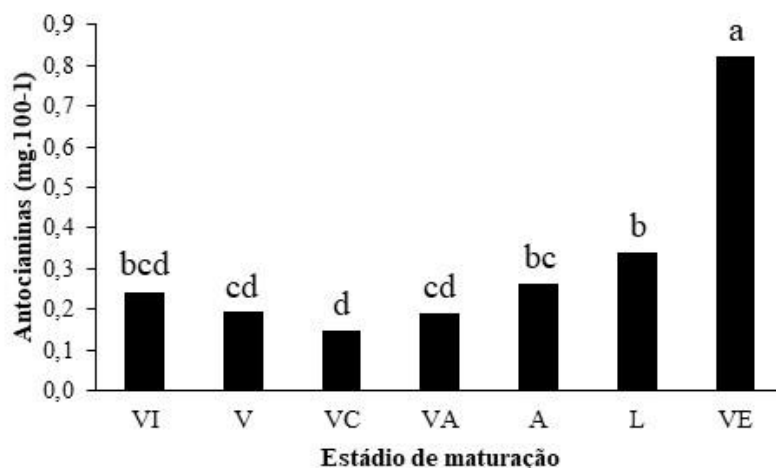


Figura 12. Conteúdo de antocianinas em frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) foi superior em frutos no estágio verde intenso, com 497 mg. 100g⁻¹, com decréscimos nos estádios sequenciais (FIGURA 13), novamente aumentando ao final da maturação em frutos vermelhos. Esse comportamento também foi aqui reportado para os conteúdos de flavonóides e antocianinas, que resultam em mudanças no perfil de compostos fenólicos antioxidante (VILLACORTA; INFANTE; VÁSQUEZ, 2007).

Polifenóis refere-se à um dos mais numerosos e amplamente distribuídos grupos de substâncias no reino vegetal que são produzidos como resultado do metabolismo secundário das plantas. Atuando na pigmentação e sabor dos frutos, esses compostos também agem na eliminação de oxidantes e radicais livres, o que despertou interesse no seu estudo devido aos seus benefícios à saúde (ROSS; KASUM, 2002)

Comparando o conteúdo de PET de ciriguelas deste estudo, com os de cajá e umbu, espécies pertencentes ao mesmo gênero botânico, o teor de polifenóis foi superior aos citados por Rufino et al. (2010), que relatou conteúdos de 72 mg. 100g⁻¹ para frutos de cajazeira, e 90,4 mg. 100g⁻¹ para frutos de umbuzeiro

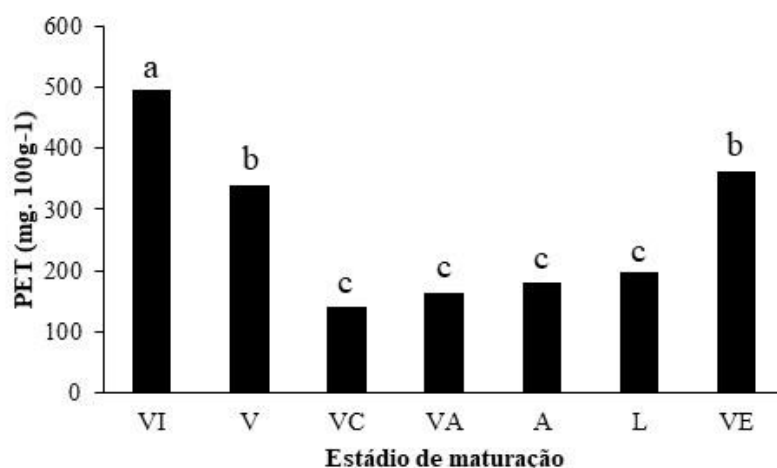


Figura 13. Polifenóis extraíveis totais de frutos de ciriguela em função dos estádios de maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A atividade da superóxido desmutase (SOD), que catalisa a dismutação do superóxido e, portanto, captura radicais livres, foi mais elevada nos estádios verde intenso e verde da ciriguela, apresentando as maiores atividades da enzima superóxido desmutase, com 225,8 e 204,4 U. g de polpa, respectivamente (FIGURA 14), indicando elevada atividade de oxirredução durante as fases iniciais da maturação. Entretanto, a atividade da SOD declinou em ciriguelas nos estádios verde amarelado e amarelo, indicando que os produtos fornecidos por esta enzima irão atender a demanda de substratos da enzima em sequencia.

A SOD apresenta ação combinada com outras enzimas, como a peroxidase capazes de decompor o peróxido de hidrogênio, produto de sua reação, convertendo o H_2O_2 em água (BOR et al., 2003).

A SOD é considerada a primeira linha de defesa contra as espécies reativas de oxigênio e que catalisa a dismutação de dois radicais $O_2^{\cdot-}$, gerando H_2O_2 e O_2 (BARBOSA et al., 2014). O comportamento da SOD neste estudo indica possivelmente um mecanismo de oxirredução mais ativo nos estádios de maturação iniciais da ciriguela, visto a sua eficiência na conversão do ânion superóxido.

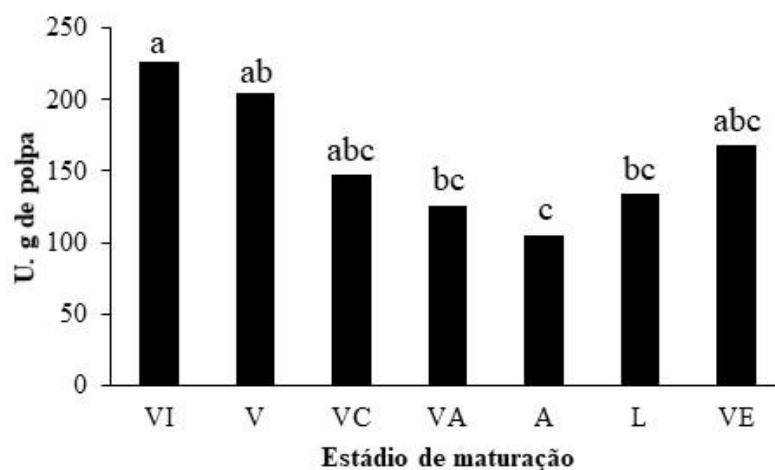


Figura 14. Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD) em frutos de ciriguela em função dos estádio de maturação. n= 4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

A atividade da peroxidase (POD) nos frutos de ciriguela aumentou entre os estádios verde intenso (0,08 UAE/min./g.polpa) e verde amarelado (1,24 UAE/min./g.polpa), declinando com o avanço da maturação (FIGURA 15). Este máximo de atividade da POD tem sido associado a maturação por ocorrer após o fruto atingir o climatério, como relatado em tomate (MARIN; CANO, 1992) e caqui (MENDONÇA et al., 2015). A máxima atividade respiratória de ciriguela ocorre em frutos verdes amarelados (Martins, 2002), portanto, também em ciriguela a máxima atividade da POD pode ser um indicador de que este fruto atingiu o amadurecimento.

De acordo com Mosca et al. (2006), em graviola, devido a implicação da POD em vários processos bioquímicos e fisiológicos, entre eles a biosíntese do etileno e o controle respiratório, a atividade desta enzima pode se caracterizar como um indicador de amadurecimento e senescência em diversos produtos vegetais. A atividade da POD também possui consequências diretas no desaparecimento do aroma, surgimento de *off-flavors* e alterações na cor e no valor nutritivo dos frutos (KOBLOITZ, 2010).

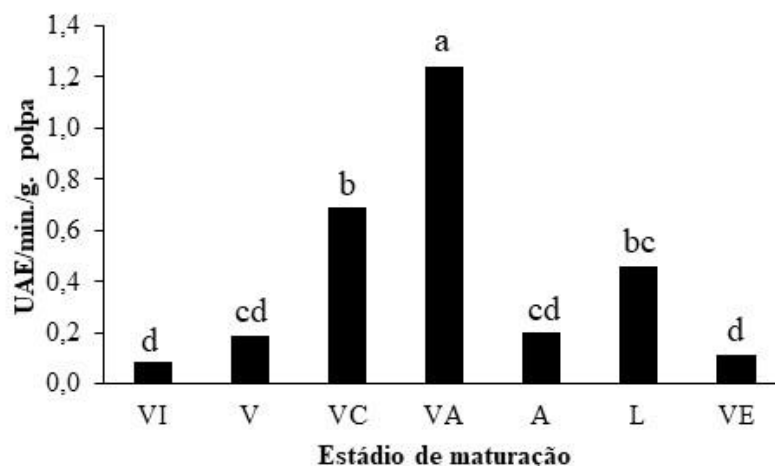


Figura 15. Atividade da enzima Peroxidase (POD) em frutos de ciriguela em função dos estádio de maturação. n= 4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Os frutos em estágio de maturação inicial (VI e V) apresentaram as menores taxas de consumo do radical DPPH, portanto sinalizando assim o seu maior potencial antioxidante entre os estádio avaliados (FIGURA 16).

Os valores de atividade antioxidante aqui relatados para a ciriguela demonstram que esse fruto possui maior capacidade antioxidante quando comparada à polpa de morango (3778,94 g/g. DPPH), mirtilo (7775,45 g/g. DPPH) ou amora (2142,42 g/g. DPPH), todas fontes conhecidas como ricas em compostos antioxidantes (SOUZA et al., 2014). Ela também se destaca dentro do gênero *Spondias*, tendo atividade superior a frutos como cajá (9397 g/g. DPPH) e o umbu (7074 g/g. DPPH) (RUFINO et al., 2010).

Para Heo et al. (2007) a capacidade antioxidante total é uma estimativa do conteúdo antioxidante do fruto e da sua qualidade nutracêutica, constituindo a atividade biológica que em maioria é responsável pelo efeito preventivo contra danos oxidativos.

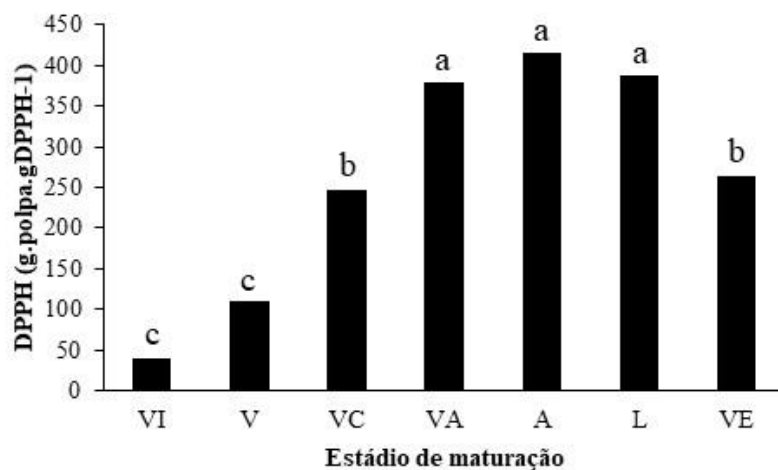


Figura 16. Atividade antioxidante total, pelo método de DPPH, de frutos da ciriguela com a evolução da maturação. n=4

VI = Verde intenso; V = Verde; VC = Verde claro; VA= Verde amarelado; A = Amarelo; L = Laranja; VE = Vermelho púrpura

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

6. CONCLUSÕES

Os frutos da cirigueleira sofrem transformações na coloração da casca durante a maturação, iniciando com a cor verde intensa atinindo tons vermelho púrpura.

A partir do estágio laranja ocorre perda da firmeza. A acidez dos frutos diminui, enquanto os sólidos solúveis aumentam, resultando em elevada relação SS/AT.

Em ciriguela, a atividade da superóxido desmutase declinou dos estádios verde ao verde amarelado, indicando que os produtos fornecidos por esta enzima irão atender a demanda de substratos da enzima em sequencia.

A máxima atividade da peroxidase ocorreu na ciriguela no estágio verde amarelado, podendo esta ser um indicador da transição da maturação para o amadurecimento neste fruto.

Frutos da cirigueleira apresentaram elevada capacidade antioxidante pelo método de DPPH, indicando assim o seu alto potencial funcional, sobretudo quando completamente maduros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIA-TEJACAL, I.; ASTUDILLO-MALDONADO, Y. I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; VALDEZ-AGUILAR, L. A.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; GARCÍA-VÁZQUEZ, E.; ARIZA-FLORES, R.; RIVERA-CABRERA, F. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. **Revista fitotecnia mexicana**, v. 35, n. SPE5, p. 21-26, 2012.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, Â. M. C.; PRADO, G. M., MAGALHÃES, C. E.C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- ANDRADE, R. S.G.; DINIZ, M. C. T.; NEVES, E. A.; NÓBREGA, J. A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, v. 27, n. 1es, 2002.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88 p.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington: AoAC, 2005. 1115p.
- AUGUSTO, P. E. D; CRISTIANINI, M.; IBARZ, A.. Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 2, p. 283-289, 2012.
- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, 2014.
- BOR, M.; ÖZDEMİR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, v. 164, n. 1, p. 77-84, 2003.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25 – 30. 1995.
- BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. **Photochemistry and photobiology**, Elmsford, v.2, p.241-249, 1963.
- CALBO, C. Outros sistemas de medida: Hunter, Munsell, etc. In: Universidad de Chile, El Color en alimentos. Medidas Instrumentales. Universidad de Chile, Facultad de

Ciencias Agrarias y Forestales, p.36-47, 1989 (**Publicaciones Miscelanes Agrícolas**, 31).

CAMPBELL, C., W.; SAULS, J., W. **Spondias in Florida**. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS, 1994.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FONSECA, A. V. V.; SOUSA, P. H. M.; RODRIGUES, S. Effect of processing on physicochemical composition, bioactive compounds and enzymatic activity of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) tropical juice. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 2, p. 1182-1187, 2015.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; PEREIRA, W. E.; COSTA, A. P. M.; CAVALCANTE, Í. H. L. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo paraibano. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, 2009.

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

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

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. D. O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Editora Rubio, 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed Editora, 2009.

DANTAS, A. L.; SILVA, S. M.; DANTAS, R. L.; SOUSA, A. S. B.; SCHUNEMANN, A. P. P. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 33-42, 2016.

DANTAS, R. L., SILVA, S. M., BRITO PRIMO, D. M., SOUSA, A. S. B., BRITO, E. S.; MACEDO, E. M. S. Changes during maturation in the bioactive compounds and antioxidant activity of *Opuntia stricta* (haw.) Fruits. **Acta Horticulturae**. v. 1067, p.159–165, 2015.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Editora Champagnat. 3ª Edição. 2011.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n.1, p. 39-45, 1991.

ENGELS, C.; GRÄTER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass

spectrometry. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 557-562, 2012.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MOURA, C. F. H.; OLIVEIRA, A. C.; ARAÚJO, N. C. C. Calidad de frutas nativas de Latinoamérica para industria: Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hortic.**, v. 43, p. 68-71, 2001.

FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.

FURTADO, G. D. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. D. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 9-14, 2010.

GONDIM, P.J.S.; SILVA, S.M.; PEREIRA, W.E.; DANTAS, A.L.; CHAVES NETO, J.R.; SANTOS, L.F. Qualidade de frutos de acessos de umbucajazeira (*Spondias sp.*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1217–1221, 2013.

HEO, H. J.; KIM, Y. J.; CHUNG, D.; KIM, D. O. Antioxidant capacities of individual and combined phenolics in a model system. **Food Chemistry**, v. 104, n. 1, p. 87-92, 2007.

HORST, M. A.; LAJOLO, F. M.. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2007, v. 1, p. 697-731.

HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their Products**. London: Academic Press, 1970. 618p

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p. (Série A – Normas e Manuais Técnicos).

KADER, A. A. Flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 11, p. 1863-1868, 2008.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Grupo Gen-Guanabara Koogan, 2000.

KOHATSU, D. S.; ZUCARELI, V.; BRAMBILLA, W. P.; EVANGELISTA, R. M.; ONO, E. O.; SILVA, T. R. B. Storage temperature and quality of red mombin fruits (*Spondia purpureas* L.). **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.9, n.3 e 4, p.132-134. 2011.

KUATE, D.; ETOUNDI, B. C. O.; SOUKONTOUA, Y. B.; NGONDI, J. L.; OBEN, 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.

LIMA, M. S. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; BARROSO, J. P. Caracterização de frutos de genótipos selecionados de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Interciencia**, v. 40, n. 5, 2015.

LIMA, I. C. G. S.; MELEIRO, C. H. A. Desenvolvimento, avaliação físico-química e sensorial de geleia e doce de corte de seriguela (*Spondias purpurea* L.) visando o crescimento da cadeia produtiva do fruto. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 2, 2012.

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.

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, 2004.

Lv, W. T.; Lin, B.; Zhang, M.; Hua, X. J. Proline accumulation is inhibitory to *Arabidopsis* seedlings during heat stress. **Plant Physiology**, v. 156, n. 4, p. 1921-1933, 2011.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I., ALIA-TEJACAL, I. A., NÚÑEZ-COLÍN, A. C., JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V. L. Chemical and phenotypic diversity of mexican plums (*Spondias purpurea* L.) from the states of guerrero and morelos, mexico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, 2017.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 193-206, 2014.

MARIN, M. A.; CANO, M. P. Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica*, L.) fruits. **Journal of food science**, v. 57, n. 3, p. 690-692, 1992.

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

McATEE, P.; KARIM, S.; SCHAFFER, R.; DAVID, K. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.4, n.79, p.1-7, 2013.

Melo, R. S.; Silva, S. M.; Sousa, A. S. B.; Lima, R. P.; Dantas, A. L.; Dantas, R. L.; Figueiredo, V. M. A. Maturação e qualidade de frutos de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) de diferentes bioclimas do estado da Paraíba. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 160-168, 2017.

MENDONÇA, V. Z.; DAIUTO, E. R.; FURLANETO, K. A.; RAMOS, J. A.; FUJITA, E.; VIEITES, R. L.; TECCHIO, M. A.; CARVALHO, L. R. Aspectos físico-químicos e bioquímicos durante o armazenamento refrigerado do caqui em atmosfera modificada passiva. **Nativa**, p. 16-21, 2015.

MENEZES, P. H. S.; SOUZA, A. A.; SILVA, E. S.; MEDEIROS, R. D.; BARBOSA, N. C.; SORIA, D. G. Influência do estágio de maturação na qualidade físico-química de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 1, p. 73-78, 2017.

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

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

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: NEPA/ UNICAMP. 161p. 2011.

PATIL, B. S.; JAYAPRAKASHA, G.K.; MURTHY, K.N.C.; VIKRAM, A. Bioactive Compounds: Historical Perspectives, Opportunities, and Challenges. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.18, p.8142-8160, 2009.

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.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena— an overview. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 47, p. 1-19, 2007.

ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annual review of nutrition**, v. 22, n. 1, p. 19-34, 2002.

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.

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.

SALGADO, J. **Alimentos funcionais**. Oficina de Textos, 2016.

SAMPAIO, S. A.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J. Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil: Ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Ceres**, v.55, n.2, p.141-145, mar. 2008.

SILVA, Q. J; FIGUEIREDO, F. J.; LIMA, V. L. A. G. Características físicas e químicas de cirigueliras cultivadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, 2016.

SILVA, R. V. **Extrato dos frutos de *Spondias purpurea* L. como princípio ativo para formulação fitocosmética fotoprotetora**. 2015. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana – BA, 2015.

SILVA, Q.J. **Caracterização de frutos de genótipos de cirigueliras (*Spondias purpurea* L.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife – PE, 2011.

SOARES, E. R.; MONTEIRO, E. B.; SILVA, R. C.; BATISTA, A.; SOBREIRA, F.; MATTOS, T.; COSTA, C. A.; DALEPRANE, J. B. Compostos bioativos em alimentos, estresse oxidativo e inflamação: uma visão molecular da nutrição. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 14, n. 3, 2015.

SOARES, A. A. J. **Avaliação físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias purpurea* L (ciriguela) da região do semiárido central paraibano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos – PB, 2011.

SOLORZANO-MORÁN, S.; ALIA-TEJACAL, I.; RIVERA-CABRERA, F.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; PÉREZ-FLORES, L. J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; GUÍLLEN-

SÁNCHEZ, D.; LÉON-SÁNCHEZ, F. D.; MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I. Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. **Fruits**, v. 70, n. 5, p. 261-270, 2015.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; SILVA, T. L. T.; LIMA, L. C. O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362-368, 2014.

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; BORGES, M. F.; MOURA, C. F. H. Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da região norte e nordeste do Brasil: estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 139-143, 2002.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**, 42 p. 1967.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman e Hall, cap.1, p. 2-51, 1993.

VARGAS, A. S.; JUÁREZ-LÓPEZ, P.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; FLORES, L. J. P., SÁNCHEZ, D. G.; ALIA-TEJACAL, I. Botânica e fisiologia/botany and physiology antioxidant activity and physicochemical parameters in 'cuernavaqueña' mexican plum (*Spondias purpurea* L.) at different ripening stages. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, 2017.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; Gonçalves, A. C. A. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Cajá (*Spondias lutea* L.) and Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1988-1996, 2011.

VILLACORTA, L. F. M.; INFANTE, F. E. T.; VÁSQUEZ, C. C. P. Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutas. **Pueblo continente**, v. 18, n. 2, p. 209-214, 2016.

VILLA-HERNÁNDEZ, J. M.; MENDOZA-CARDOSO, G.; MENDOZA-ESPINOZA, J. A.; VELA-HINOJOSA, C.; LEÓN-SÁNCHEZ, F. D.; RIVERA-CABRERA, F.; ALIA-TEJACAL, I.; PÉREZ-FLORES, L. J. Antioxidant Capacity *In Vitro* and *In Vivo*

of Various Ecotypes of Mexican Plum (*Spondias purpurea* L.). **Journal of food science**, v. 82, n. 11, p. 2576-2582, 2017.

WU, G. L.; CUI, J.; TAO, L.; YANG, H. Fluroxypyr triggers oxidative damage by producing superoxide and hydrogen peroxide in rice (*Oryza sativa*). **Ecotoxicology**, v. 19, n. 1, p. 124, 2010.