



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO

QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DURANTE A MATURAÇÃO DE FRUTOS DE
GENÓTIPOS DO UMBUZEIRO

ANTÔNIO FERNANDO DA SILVA

Areia - PB
Fevereiro de 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS II - AREIA - PB



**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DURANTE A MATURAÇÃO DE FRUTOS DE
GENÓTIPOS DO UMBUZEIRO**

ANTÔNIO FERNANDO DA SILVA

*Sob a orientação do pesquisador
Ricardo Elesbão Alves, D.Sc.*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento as exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Areia - PB
Fevereiro de 2015

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

S586q Silva, Antônio Fernando da.

**Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante durante a
maturação de frutos de genótipos do umbuzeiro / Antônio Fernando da
Silva. - Areia: UFPB/CCA, 2015.**

70 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade
Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientador: Ricardo Elesbão Alves.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

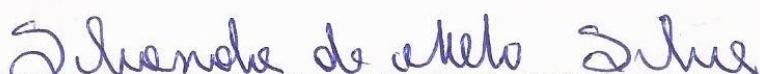
Título: QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE A MATURAÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DO UMBUZEIRO

ANTÔNIO FERNANDO DA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela Comissão Examinadora:



Pesq. Ricardo Elesbão Alves, D.Sc.
Orientador - Embrapa Agroindústria Tropical



Silvanda de Melo Silva, Ph.D.
Co-Orientadora – PPGA/CCA/UFPB



Pesq. Fabiane Rabelo da Costa Batista, D.Sc.
Examinadora Externa – INSA/MCTI

Data da realização: 23 de fevereiro de 2015.

Presidente da Comissão Examinadora
Ricardo Elesbão Alves, D.Sc.
Orientador

*Aos meus pais Gilberto Genuíno e Antônia Maria,
Exemplos de companheirismo, honestidade e superação;
A minha irmã Vitoria, pelo apoio em todos os momentos;*

Dedico.

*Aos meus familiares e amigos;
E a todos que de forma direta ou
Indireta contribuíram
com a realização deste trabalho;*

Ofereço.

“O cientista não estuda a natureza porque ela é útil; ele a estuda porque se deleita nela, e se deleita nela porque ela é bela. Se a natureza não fosse bela, não valeria a pena ser conhecida, e se não valesse a pena ser conhecida, a vida não valeria a pena ser vivida.”

Henry Poincaré

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meus caminhos, me fazendo enxergar saídas, em momentos que eu julgava não mais existir.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA/CCA/UFPB), que me proporcionou experiências importantes para o meu crescimento profissional e à CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus pais *Gilberto Genuíno e Antônia Maria*, pelo amor, pelos ensinamentos de vida, por todo o sacrifício que fazem por mim.

A minha irmã *Vitoria*, por não medir esforços para me ajudar nos momentos em que mais preciso.

A minha namorada *Carol*, pela compreensão, incentivo, carinho e amor.

Aos meus primos *Nivaldo e Marcos* pelo incentivo e amizade.

A professora *Silvanda*, pela valiosa oportunidade de ingresso no mundo da pesquisa científica, incentivo, apoio e orientação neste trabalho e em toda minha carreira acadêmica.

Ao Dr. *Ricardo Elesbão Alves* pela orientação no mestrado.

A Dra. *Fabiane Rabelo da Costa* pela contribuição dada a este trabalho, como examinadora.

A toda equipe do *Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita*, que ajudaram muito na realização deste trabalho.

Aos amigos, *Antônio Augusto e Leonardo Santos*, pelo companheirismo e participação em todos os momentos, bem como por serem companheiros em todas as horas dentro e fora do laboratório.

A professor *Walter E. Pereira* e aos amigos *Ana Dantas, Renato Dantas e Renato Pereira*, pela auxílio com a estatística.

A meu sogro e amigo “Grande Chofé” pela indicação dos locais onde existem os genótipos de umbuzeiro em Casserengue e a *Beth* pelo apoio em Brejo da Madre de Deus no dia da coleta dos frutos.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

SILVA, Antônio Fernando da. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante durante a maturação de frutos de genótipos do umbuzeiro.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2015. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Orientador: Ricardo Elesbão Alves D.Sc.

RESUMO

O umbuzeiro é uma frutífera endêmica do semiárido brasileiro, adaptada as características desta região. Inicia sua frutificação no período de escassez de chuvas, seu fruto é uma drupa de casca levemente pilosa ou lisa de cor verde e/ou amarela quando maduro, polpa suculenta aquosa, de sabor agriadoce; é explorado de forma extrativista pelas famílias de agricultores nas regiões de ocorrência. No período de safra gera emprego e fonte de renda para as famílias das regiões de ocorrência. Embora sejam muito apreciados para o consumo fresco e já se existam informações sobre a qualidade de genótipos de umbu de alguns locais de ocorrência de plantas, ainda existem genótipos com características diferenciadas que necessitam estudos mais aprofundados, sobretudo durante a maturação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de frutos do umbuzeiro colhidos em diferentes estádios de maturação, além de mudanças resultantes do processo da maturação nos compostos bioativos e atividade antioxidante. Neste sentido, este trabalho foi dividido em dois capítulos. No Capítulo I foi avaliada a qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro em diferentes estádios de maturação. Para isto foi realizado foram utilizados frutos de 16 genótipos de umbuzeiro, 10 oriundos do município de Casserengue - PB e 6 oriundos do município de Brejo da Madre de Deus – PE. Foram realizadas avaliações relacionadas ao tamanho, cor de casca, rendimento e características físico-químicas. Frutos colhidos em Brejo da Madre de Deus possuem coloração da casca mais intensa quando maduros, maior tamanho e massa fresca, superando em cerca de 50% a média da literatura. Dos 16 genótipos avaliados, 9 apresentaram teor de acidez mais baixo e se adequam o consumo fresco quando colhidos nos estádios de maturação verde amarelado e amarelo. No Capítulo II foram avaliados os compostos bioativos e atividade antioxidante de porções comestíveis de frutos de genótipos do umbuzeiro em diferentes estádios de maturação. Neste experimento, os frutos foram descascados e foram avaliados separadamente a polpa e casca em relação aos compostos bioativos e a atividade antioxidante. Com base na análise de correlação, observou-se que compostos fenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante, tanto na polpa quanto na casca, juntamente com flavonoides e o ácido ascórbico. A atividade antioxidante da polpa e da casca diminuiu com o avanço da maturação. A casca apresentou apporte de fitoquímico e atividade antioxidante, em média, 5 e 15 vezes superior ao da polpa, respectivamente.

Palavras-chave: *Spondias tuberosa*, flavonóides amarelos, ACP, Compostos fenólicos.

SILVA, Antônio Fernando da. **Quality, bioactive compounds and antioxidant activity during the ripening of umbuzeiro genotypes.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2015. 70p. Master Dissertation (Master in Agronomy) Advisor: Ricardo Elesbão Alves D.Sc.

ABSTRACT

The umbu tree is an endemic fruit of the Brazilian semiarid, adapted to the characteristics of this region. This fruit tree starts to produce at low rainfall period. Its fruit is a drupe, with skin slightly hairy or smooth of green, is yellow when ripe, with a juicy pulp aqueous of sweet-sour taste. This fruit is extractively explored by farming families in the areas of occurrence. During the harvest period generates jobs and is source of income for families. Although it is very appreciated for fresh consumption and is known some characteristics of some umbu genotypes, plants occurring in some localities present features that require studies, especially during maturation. Thus, the aim of this study was to evaluate the quality of umbuzeiro harvested at different maturity stages, and the changes during the maturation on the bioactive compounds and antioxidant activity. Thus, this study was divided into two chapters. In the Chapter I, it was evaluated the quality of the fruits of umbu tree genotypes in different stages of maturation. This experiment was conducted with 16 genotypes of fruit umbu tree, 10 from the municipality of Casserengue, Paraíba state and 6 from the municipality Brejo da Madre de Deus, Pernambuco state, Brazil. Evaluations were related to size, skin color, yields, and physicochemical characteristics. It was observed that the fruits harvested in Brejo da Madre de Deus presented more intense color of the skin when mature, larger size and fresh mass, exceeding by about 50% the average of the literature. From the 16 genotypes, 9 had lower acid content, and are appropriate for the fresh consumption when harvested at yellowish green and yellow maturity stages. In the Chapter II, it was evaluated the bioactive compounds and antioxidant activity of edible portions of umbu fruit genotypes harvested in different stages of maturation. For this experiment, fruits were peeled and analyzed separately for the pulp and peel in relation to bioactive compounds and antioxidant activity. It was observed that the phenolic compounds are the main responsible for the antioxidant activity, both in the pulp and in skin, along with flavonoids and ascorbic acid. The antioxidant activity of pulp and peel decreased with advancing maturity. The skin and pulp presented phytochemical contents and antioxidant activity that were, in an average, 5- and 15-fold higher than the pulp, respectively.

Keywords: *Spondias tuberosa*, maturity stages, Phenolic compounds.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I: Qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação

- Figura 1:** Evolução da coloração dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) durante a maturação expressa através do parâmetro luminosidade (L^*), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 13
- Figura 2:** Evolução da coloração dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) durante a maturação expressa através dos parâmetros a^* e b^* , colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 14
- Figura 3:** Comprimento e diâmetro de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 16
- Figura 4:** Massa fresca e firmeza de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 18
- Figura 5:** Rendimento de polpa dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 19
- Figura 6:** Percentagem de casca e semente dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 20
- Figura 7:** Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 22
- Figura 8:** Sólidos solúveis e relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 24
- Figura 9:** Açúcares Redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco. 26
- Figura 10:** Açúcares solúveis totais dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos, dos estados da Paraíba e Pernambuco. 27
- Figura 11:** Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco. L, a, b: parâmetros de correlação; Comp: comprimento; Diam: diâmetro; Massa: massa fresca; Firm: firmeza; Rendp: rendimento da polpa; Rencas: rendimento de casca; Rens: rendimento de semente. 28

Figura 12: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	30
Figura 13: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação verde amarelado, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3.....	30
Figura 14: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação amarelo oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	31
Figura 15: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação amarelo, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3.....	32
CAPÍTULO II: Compostos bioativos e atividade antioxidante de porções comestíveis de frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação	
Figura 1: Polifenóis extraíveis totais (PET) da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.	45
Figura 2: Ácido ascórbico e Clorofila total da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.	47
Figura 3: Flavonoides amarelos da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.	49
Figura 4: Carotenoides extraíveis totais da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.	51
Figura 5: Atividade Antioxidante Total pelo método do radical ABTS da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.	53
Figura 6: Atividade Antioxidante Total pelo método do DPPH da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.	55
Figura 7: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	57
Figura 8: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação verde, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3.....	58

Figura 9: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	59
Figura 10: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação verde amarelado, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3.....	60
Figura 11: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação amarelo (A) e círculo de autovetores (B) das variáveis analisadas.....	62
Figura 12: Dendograma de dissimilaridade entre genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) avaliados através da Análise de Cluster pelo método Ward's, com base nos compostos bioativos e na capacidade antioxidante, dentro de cada estádio de maturação.....	63

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I: Qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação

Tabela 1: Auto vetores em dois componentes principais (CP1, CP2), das variáveis relacionadas com tamanho e rendimento de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco	28
Tabela 2: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), das variáveis relacionadas com tamanho e rendimento de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	29
Tabela 3: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), das variáveis relacionadas com tamanho e rendimento de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação amarelo, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	31

CAPÍTULO II: Compostos bioativos e atividade antioxidante de porções comestíveis de frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação

Tabela 1: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco	56
Tabela 2: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco	59
Tabela 3: Auto vetores em dois componentes principais (CP1, CP2), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação amarelo, oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.....	62
Tabela 4: Correlação de Pearson entre compostos bioativos e atividade antioxidante total da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo, oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco	65

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVO GERAL	3
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPITULO I.....	6
Qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Procedência dos Frutos e Colheita	11
2.2. Delineamento experimental e análise estatística	11
2.3. Avaliações	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1. Coloração	13
3.2. Comprimento e diâmetro	14
3.3. Massa fresca e firmeza.....	17
3.4. Rendimento de polpa e percentuais de casca e semente	18
3.5. Sólidos solúveis e Acidez titulável.....	21
3.6. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável e Potencial hidrogeniônico (pH).....	23
3.7. Açúcares Redutores (AR), Açúcares não redutores (ANR) e Açúcares solúveis totais	24
3.1. Componentes principais e análise de cluster.....	27
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPITULO II	36
Compostos bioativos e atividade antioxidante de porções comestíveis de frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação	36

RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1. Procedência dos Frutos e Colheita	41
2.2. Delineamento experimental e análise estatística	41
2.3. Avaliações	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1. Polifenóis extraíveis totais (PET)	44
3.2. Ácido ascórbico e Clorofila totais	46
3.3. Flavonoides amarelos	48
3.4. Carotenoides	50
3.5 Atividade Antioxidante (AAT) pelo radical ABTS	52
3.5 Atividade Antioxidante AAT pelo radical DPPH	54
3.6 Análise Multivariada	56
3.6.1 Componentes principais e análise de cluster no estádio de maturação verde ..	56
3.6.2 Componentes principais e análise de cluster no estádio de maturação verde amarelado	58
3.6.2 Componentes principais e análise de cluster no estádio de maturação amarelo	61
3.6.3. Correlação de Pearson	63
4. CONCLUSÕES	66
5. REFERENCIAS	67
CONCLUSÕES GERAIS	70
ANEXOS	71

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas e é líder na produção de frutas tropicais, incluindo as frutas de importância comercial e as nativas, sem cultivo estruturado. Segundo a FAO (2014) 90% das frutas tropicais são produzidas nos países em desenvolvimento, e tanto o cultivo quanto a exploração extrativista são importantes para a geração de emprego, manutenção da renda dos agricultores, manutenção da segurança alimentar e redução dos níveis de pobreza.

O umbuzeiro é uma frutífera nativa do Semiárido brasileiro, adaptada ao calor, aos solos fracos e a baixa pluviosidade. Possui grande importância socioeconômica para o Nordeste, sobretudo para famílias da região de ocorrência, que a exploram de maneira extrativista e garante emprego e renda durante a safra (SANTOS et al., 2008).

Seu fruto é uma drupa de casca levemente pilosa ou lisa, normalmente de coloração amarela quando maduro, com pericarpo coriáceo e polpa suculenta, aquosa quando maduro de saboragridoce, tendo no centro um caroço grande e muito resistente. A forma varia entre arredondada, ovoide e oblonga, apresentando diversidade também no tamanho, o qual oscila entre 1,2 e 2,7 cm de comprimento e 2,0 e 4,0 cm de diâmetro (NEVES & CARVALHO, 2005).

Esta frutífera apresenta maior potencial produtivo no estado da Bahia, sendo este o maior produtor brasileiro nas mesorregiões Centro-Sul, Centro-Norte, Nordeste e Vale do São Francisco. Nos Estados da Paraíba e Pernambuco, a produção abrange as regiões do Agreste ao Sertão (SILVA, 2013).

A produção extrativa desta frutífera nativa do semiárido alcançou, aproximadamente, 7,5 mil toneladas no ano de 2013, com áreas de coleta espalhadas por todo o Nordeste, sendo as principais delas localizadas nos estados da Bahia que colheu 6,6 mil toneladas e Pernambuco 382 toneladas. A paraíba extraiu 79 toneladas de frutos de umbuzeiro em 2013 (IBGE, 2015).

O umbu é comercializado fresco ou processado na forma de polpas, sucos, geleias, além de diversos outros produtos. E estudos vêm sendo realizados abordando aspectos de cultivo, assim como características de qualidade, maturação e estabilidade, e os constituintes químicos destes frutos, devido a sua importância econômica, nutricional e farmacológica (SANTOS et al. 2010; ALMEIDA, ALBUQUERQUE e CASTRO 2011;).

Embora o umbu seja um fruto muito apreciado para o consumo fresco, em alguns locais de ocorrência, boa parte da produção é perdida por falta de manuseio adequado e uma cadeia

produtiva que absorva a produção, seja para comercialização de frutos frescos ou para a industrialização (GOMES,2010).

Em regiões onde a exploração dos frutos é menos intensa, como em alguns municípios da Paraíba e Pernambuco, por exemplo, existem também a necessidade de pesquisas que agreguem valor a esta frutífera, bem como, possibilitem identificar genótipos com características importantes tanto para o consumo fresco como para o processamento.

As frutas e hortaliças contribuem com aproximadamente 50% da capacidade antioxidante total dos alimentos, sendo esta a principal contribuição na alimentação humana (RAUTIAINEN et al., 2012). Por sua vez os frutos do umbuzeiro apresentam considerável atividade antioxidante e sequestro de radicais livres, pela presença de compostos fenólicos e outros bioativos como flavonoides, antocianinas e carotenoides (GENOVESE et al., 2008; RUFINO et al., 2010; RAMALHO et al., 2011).

Devido a capacidade antioxidante de frutas e hortaliças ser conferida por vários compostos com diferentes mecanismos de ação que interagem sinergicamente é necessário combinar mais de um método, para poder determinar sua capacidade antioxidante (PÉREZ-JIMÉNEZ et al, 2008). Dentre os métodos mais utilizados para a determinação da atividade antioxidante em fruto e hortaliças estão FRAP, sistema β -caroteno/ácido linoleico, DPPH e o ABTS. Estes dois últimos têm sido mais usados em pesquisa com frutos (LEONG e SHUI, 2002; NENADIS et al., 2004; WU et al., 2005).

Segundo relatos de residentes dos municípios de Casserengue - PB e Brejo da Madre de Deus –PE há a ocorrência de matrizes com auto potencial produtivo e que produzem frutos com ótimas características, tais como, frutos grandes, sabor mais doce, pouca acidez, coloração mais clara quando verde e/ou mais amarelada quando maduro.

Portanto, a avaliação da qualidade pós-colheita de compostos bioativos e atividade antioxidante durante a maturação dos frutos de acessos do umbuzeiro dessas áreas de ocorrência se faz necessária, no sentido não apenas de identificar materiais com características promissoras de interesse para a indústria ou consumo fresco, mas também para dar suporte aos programas de melhoramento.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade dos genótipos do umbuzeiro colhidos em diferentes estádios, a partir das mudanças resultantes dos processos da maturação, nas características físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a qualidade pós-colheita dos frutos de genótipos do umbuzeiro oriundos dos municípios Casserengue - PB e Brejo da Madre de Deus – PE colhidos em três estádios de maturação.

Avaliar o conteúdo de compostos bioativos e a atividade antioxidante total e em extratos de polpa e casca de frutos de genótipos de umbuzeiro colhidos em diferentes estádios de maturação.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. L. S., Albuquerque, U. P., & Castro, C. C. (2011). Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, 75(4), 330-337.
- ALMEIDA, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., do Prado, G. M., de Carvalho Magalhães, C. E., Maia, G. A., & de Lemos, T. L. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44(7), 2155-2159.
- FAO 2014. Food and Agricultural Organization of United Nations **La producción mundial de fruta tropical alcanzará 82 millones de toneladas en 2014**. Disponível em: <[http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/?dyna_fef\[uid\]=159358](http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/?dyna_fef[uid]=159358)>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- GENOVESE, M. I., Pinto, M. D. S., Gonçalves, A. D. S. S., & Lajolo, F. M. (2008). Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. *Food Science and Technology International*, 14(3), 207-214.
- GOMES, E. M. S., de Omena Lima, T., Rabelo, T. C. B., de Oliveira, E. G., & dos Santos Silva, M. C. (2010). PRODUÇÃO DE FERMENTADO ALCÓOLICO A PARTIR DA POLPA DE UMBU. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, 1(1).
- IBGE, **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=29&i=P>> Acesso em 15/01/2015.
- LEONG, L. P., & Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food chemistry*, 76(1), 69-75.
- RUFINO, M.S.M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food chemistry*, 121(4), 996-1002.
- NENADIS, N.; WANG, L. F.; TSIMIDOU, M. ZHANG, H. Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS•+ assay. *Journal Agriculture Food Chemistry*, v.52, p.4669-4674, 2004.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de. **Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Universidade Federal de Lavras, Pró-Reitoria de Extensão, n.127, 2005.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J., Arranz, S., Tabernero, M., Díaz-Rubio, M. E., Serrano, J., Goñi, I., et al. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International*, 41(3), 274–285.
- RAMALHO, S.A. et al. (2011). Evaluation of antioxidant capacity and L-ascorbic acid content in Brazilian tropical fruits acerola (*Malpighia emarginata*), mangaba (*Harconia speciosa*),

siriguela (*Spondias purpurea*) and umbu (*Spondias tuberosa*). **Planta medica**, v. 77, p. 200-212.

RAUTIAINEN, S., Larsson, S., Virtamo, J., & Wolk, A. (2012). Total antioxidant capacity of diet and risk of stroke a population-based prospective cohort of women. **Stroke**, 43(2), 335-340.

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

SANTOS, C. A. F.; RODRIGUES, M. A.; ZUCCHI, M. I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1037-1043, 2008.

SANTOS, C.A.F.; RODRIGUES, M.A.; ZUCCHI, M.I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1037-1043, 2008.

SANTOS, M. B. DOS et al. CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE UMBU-CAJÁ (*Spondias tuberosa X S . mombin*) PROVENIENTES DO RECÔNCAVO SUL DA BAHIA. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 32, p. 1089-1097, 2010.

SILVA, L. M. M. DA. Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos**, 2013.

WU, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I., & Ho, J. A. (2005). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, 95, 319–327.

CAPITULO I

Qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação

RESUMO

O umbuzeiro é uma frutífera xerófila endêmica do Semiárido brasileiro que pertence à família Anacardiácea, de frutificação abundante que tem início 45 dias após a floração. Seu fruto, o umbu, é propício para o consumo fresco, sendo muito bem aceito nas regiões produtoras e é explorado de maneira extrativista. Em período de safra é uma alternativa de emprego e renda para as regiões de ocorrência. Sua produção em 2013 foi de 7,5 mil toneladas. Algumas localidades possuem plantas com boas características e que pouco são exploradas e portanto requerem estudos. Então este trabalho teve o objetivo de avaliar a qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco, colhidos em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram colhidos em 16 genótipos 10 do município de Casserengue – PB e 6 de Brejo da Madre de Deus – PE em três estádios de maturação. Foram feitas avaliações relacionadas ao tamanho, cor de casca, rendimento, e características físico-químicas. Foi observado que os frutos colhidos em Brejo da Madre de Deus possuem coloração da casca mais intensa quando maduro, maior tamanho e massa fresca, superando em cerca de 50% a média da literatura. Dos 16 genótipos avaliados, 9 apresentaram teor de acidez mais baixo, que se adequam ao consumo fresco quando colhidos nos estádios de maturação verde amarelado e amarelo. Os sólidos solúveis e a relação SS/AT de todos os genótipos avaliados foram superiores ao estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ).

Palavras chaves: *Spondias tuberosa*, Padrão de qualidade, Consumo fresco

QUALITY OF UMBUZEIRO GENOTYPES OF FRUIT DURING MATURATION

ABSTRACT

The umbuzeiro is an endemic xerophytic fruitful Brazilian semiarid belonging to Anacardiácea family, abundant fruiting that begins 45 days after flowering. Its fruit, the umbu, is conducive to fresh consumption, is very well tolerated in the producing regions and is explored extractive way. In harvest period is an alternative employment and income for the occurrence of regions. Its production in 2013 was 7.5 tons. Some localities have plants with good features and some are operated and therefore require studies. So this study was to evaluate the quality of the fruits of different genotypes umbuzeiro coming from the states of Paraíba and Pernambuco, harvested at different maturity stages. The fruits were harvested in 16 genotypes 10 in the city of Casserengue - PB and 6 Brejo da Madre de Deus - PE in three maturity stages. Evaluations were made related to size, skin, income, and physical and chemical characteristics. It was observed that the fruits harvested in Brejo da Madre de Deus have more intense color of the bark when mature, larger size and fresh weight, exceeding by about 50% the average of the literature. Of the 16 genotypes, 9 had lower acid content, which are suited to fresh consumption when harvested at stages of yellowish green and yellow maturity. The soluble solids and SS / TA of all genotypes were higher than the the Identity and Quality Standard (PIQ).

Keywords: Spondias Tuberosa, Quality standard, Fresh consumption

1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) é uma frutífera xerófila endêmica do Semiárido brasileiro que pertence à família Anacardiácea. Sua frutificação é abundante e tem início aproximadamente 45 dias após a floração, chegando a produzir entre 28 e 32 mil frutos por planta, que corresponde a algo em torno de 350 quilos safra/ano (Santos & Oliveira, 2001), sendo esta uma importante fonte alternativa de emprego e renda para famílias das regiões de ocorrência (Silva, 2013)

Seu fruto, o umbu, é propício para o consumo fresco, sendo muito bem aceito nas regiões produtoras, com diâmetro médio 3,0cm, massa entre 13-30 gramas, forma arredondada a ovalada, é constituído por casca (21.0%), polpa (63,0%) e caroço (14,0 %). Sua polpa é quase aquosa quando madura e acidez titulável inferior a 1,0 g.100g⁻¹ de ácido cítrico (GONDIM, 2012).

A produção extrativa de frutos de umbuzeiro alcançou, aproximadamente 7,5 mil toneladas no ano de 2013, com áreas de coleta espalhadas por todo o Nordeste E Norte de Minas Gerais, sendo as principais delas localizadas nos estados da Bahia que colheu 6,6 mil toneladas e Pernambuco 382 toneladas. A Paraíba produziu 79 toneladas de umbu em 2013 (IBGE, 2015). No período de safra parte da produção é destinada para o consumo fresco. Normalmente a comercialização ocorre em feiras livres e barracas de frutas ao longo das rodovias, outra parte é destinada para pequenas indústrias locais (GOMES,2010).

Em locais onde a exploração do umbu é menos intensa, como em alguns municípios da Paraíba e Pernambuco, existem genótipos com características importantes, que ainda não foram reveladas, para que programas de melhoramentos utilizem estas matrizes para desenvolver variedades produtivas e rentáveis.

Grande parte da produção de umbu da Paraíba e de alguns municípios de Pernambuco, ainda é perdida devido falta de planejamento para escoamento da produção extrativista, bem como devido alta perecibilidade que estes frutos apresentam, pois quando armazenados em temperatura ambiente sua vida útil pós-colheita é de no máximo três dias (MOURA et al., 2013).

Silva et al. (2009) verificaram mudanças nas características físicas e físico-químicas durante a maturação de cajarana, fruto da mesma família do umbu. Assim a avaliação do umbu

em diferentes estádios de maturação, é importante para o conhecimento das alterações que ocorrem na qualidade dos frutos durante a maturação.

A caracterização da qualidade durante a maturação pode ser avaliada através da determinação do teor de sólidos solúveis, coloração e acidez titulável, que ajudam a determinar o índice de maturação e, consequentemente, definir o ponto de máxima qualidade para colheita.

As informações referentes a qualidade do umbu durante a maturação são escassas e não existe nenhum trabalho sobre frutos de umbu dos municípios de Casserengue - PB e Brejo da Madre de Deus – PE, mesmo estes tendo muitas plantas.

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade dos frutos de genótipos do umbuzeiro oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco, colhidos em diferentes estádios de maturação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB) no ano de 2014.

2.1. Procedência dos Frutos e Colheita

Os frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) foram provenientes de 16 genótipos sendo, dez (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10) localizados no município de Casserengue no estado da Paraíba e seis (P11, P12, P13, P14, P15, P16) no município de Brejo da Madre de Deus, no estado de Pernambuco.

A colheita foi realizada entre os meses de maio e junho de 2014 nas primeiras horas do dia. Logo após a colheita os frutos foram colocados em caixas isotérmicas e transportados até o laboratório onde foram realizadas as análises.

Os frutos foram colhidos em três estádios de maturação (verde, verde amarelado e amarelo) com exceção dos genótipos P8 e P13 que não foi possível separar frutos no estádio de maturação amarelo.

2.2. Delineamento experimental e análise estatística

Para as avaliações das características físicas foram utilizados 30 frutos para cada estádio de maturação de cada genótipo, cada fruto representando uma repetição. Para as análises físico-químicas, foram utilizados em 3 repetições, cada uma contendo 10 frutos.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software SAS 9.2, Na comparação entre os estádios de maturação foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para comparação das médias dos genótipos foi utilizado o teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade através do programa estatístico Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA, 2007).

2.3. Avaliações

Evolução da Coloração da Casca: feita através de avaliação objetiva, com calorímetro 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*), de modo que quanto mais distante do centro (=0), mais saturada a cor;

Comprimento e Diâmetro (mm): determinados com o auxílio do paquímetro digital, obtendo as medidas na direção perpendicular e paralela ao eixo central dos frutos;

Massa Fresca dos frutos (g): através de pesagem individual do fruto em balança semi-analítica;

Firmeza dos frutos íntegros (N): determinada através do penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester, região de inserção de 2/16 polegadas de diâmetro, expresso em Newton.

Rendimento (%): Através de pesagem direta em balança analítica, para avaliação média da massa do fruto, bem como as proporções de polpa, semente e casca;

Potencial Hidrogeniônico - pH: utilizando potenciômetro digital, conforme metodologia Instituto Adolfo Lutz – IAL (2005);

Acidez Titulável (AT – g. ácido cítrico. 100 g⁻¹ de polpa): determinado por titulometria utilizando-se solução de NaOH 0,1M com indicador fenoltaleína, até obtenção de coloração róseo claro permanente, utilizando 5 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;

Sólidos Solúveis (SS%): determinado por leitura direta com refratômetro tipo Abbe digital, ATAGO N1, regulado a 20°C de acordo com metodologia Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (2008);

Relação SS/AT: mediante divisão simples entre sólidos solúveis e acidez titulável (CHITARRA e CHITARRA, 2005);

IAL (2005); Açúcares redutores (g de glicose 100g⁻¹), não redutores (g de sacarose 100g⁻¹) e Açúcares solúveis totais (AST): determinou-se de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005);

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Coloração

A luminosidade (L^*) dos frutos diminuiu com a maturação, sendo que em alguns genótipos (P5, P6, P7, P11 e P15) este decréscimo foi mais acentuado (Figura 1). Este resultado foi também relatado por Moura et al. (2013) que afirmam que o umbu maduro apresenta menor luminosidade em relação aos outros estádios de maturação.

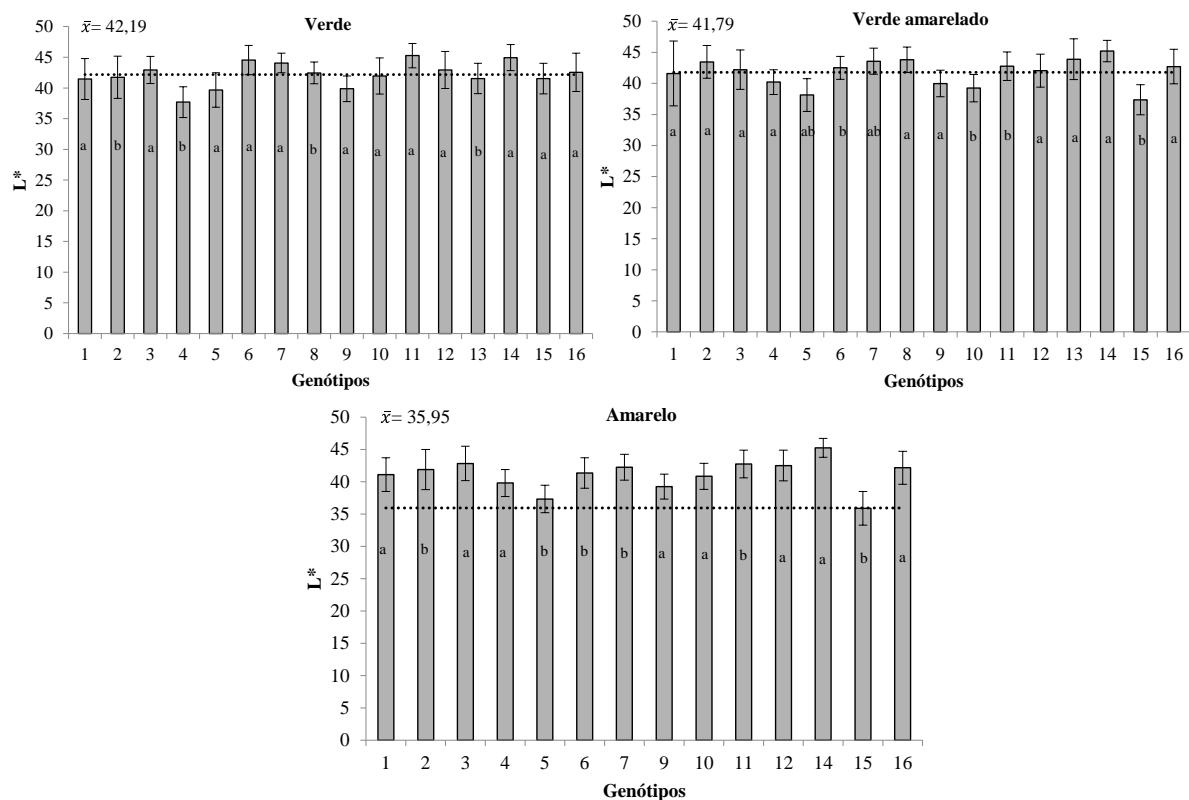


Figura 1: Evolução da coloração dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) durante a maturação expressa através do parâmetro luminosidade (L^*), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. $n=30$ e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

O parâmetro a^* aumentou com o decorrer da maturação, passando de um valor negativo (coloração verde) para positivo (coloração amarela) para a maioria dos genótipos (Figura 2), Este parâmetro mede a escala de cor do verde (-60) ao vermelho (+60), sobre tudo para os genótipos oriundos de Brejo de Madre de Deus, caracterizando frutos mais amarelo.

Moura (2013) e Lopes (2007) também verificaram que, com o avanço da maturação ocorre um aumento no parâmetro a^* em frutos de umbuzeiro.

O parâmetro b^* , não apresentou mudança durante a maturação (Figura 2). No estádio verde o menor valor médio foi de 32,78 (P4) e o maior 39,56 (P8); para estádio verde amarelado a variação foi de 32,95 (P9) a 39,99 (P2) e no estádio amarelo a variação foi de 32,55 (P12) a 38,69 (P4).

A degradação das clorofilas pela ativação das clorofilases e evolução da coloração amarela pela biossíntese de carotenoides ou desmascaramento daqueles previamente sintetizados (PALIYATH et al., 2008) são os responsáveis pela evolução da coloração verde para a amarela.

A coloração é um importante atributo de qualidade dos frutos frescos, pois é uma característica que atrai o consumidor em um primeiro momento.

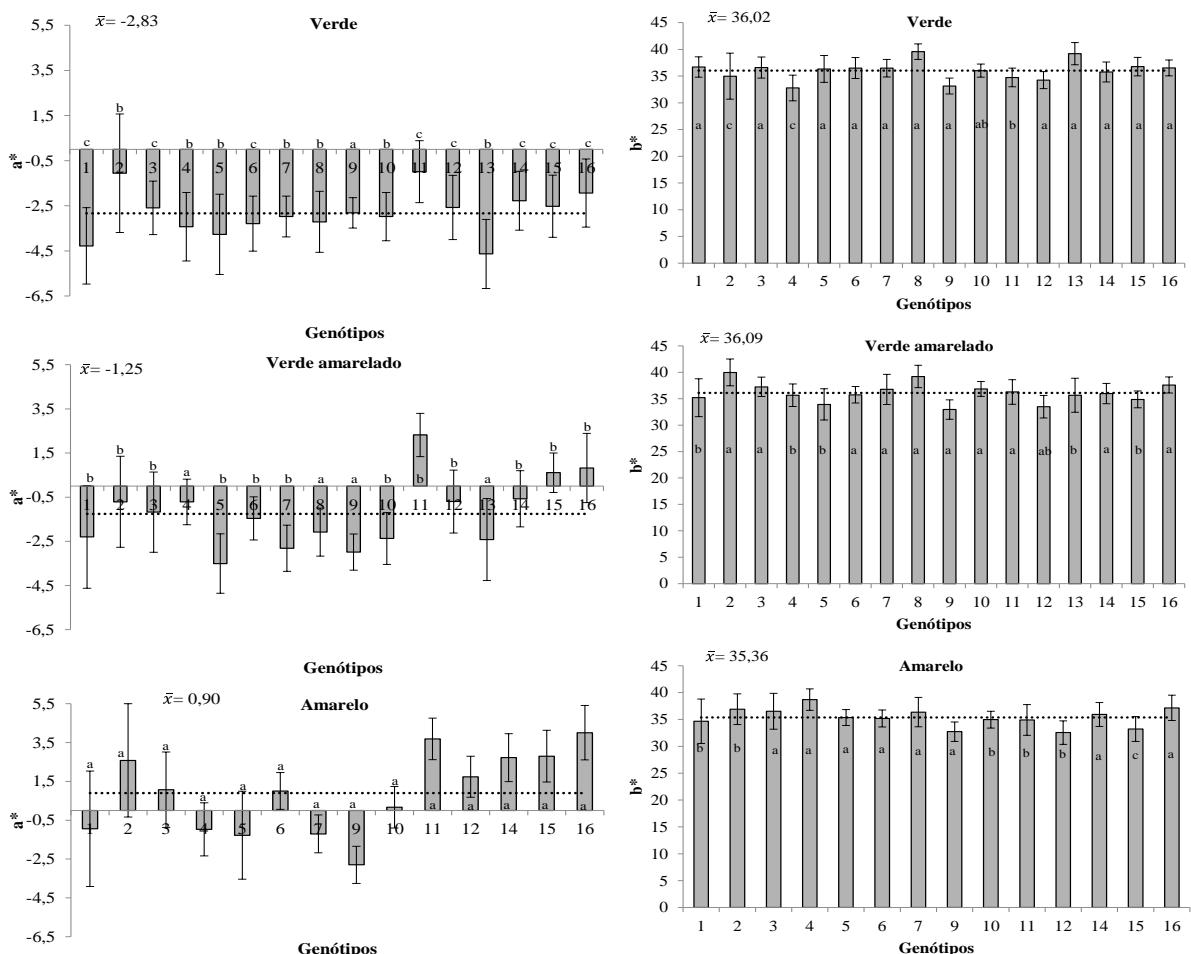


Figura 2: Evolução da coloração dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) durante a maturação expressa através dos parâmetros a^* e b^* , colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n=30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.2. Comprimento e diâmetro

O comprimento dos frutos de umbuzeiro variou de 28,95 mm para o genótipo P2 a 55,15 mm para o P11 (Figura 3). A média geral de comprimento dos frutos do umbuzeiro no estádio verde amarelado foi de 39,79 mm, superior aos reportados por Rodrigues et al., (2010) e Gondim (2010) que foi de 37,25mm e 33,60 mm, respectivamente.

Em relação ao diâmetro dos frutos, as médias variaram de 27,45 a 47,39mm para os genótipos P2 e P11 respectivamente (Figura 3). Portanto os frutos do P2 apresentaram o menor tamanho e os do P11 os maiores, dentre os genótipos avaliados.

Além do P11 os genótipos, P4, P8, P10, P12 e P14 também apresentaram comprimento e diâmetro elevados, superiores as médias relatadas na literatura. Portanto, estas plantas podem ser importantes como matrizes para propagação e para o melhoramento desta espécie, principalmente quando a finalidade for reproduzir indivíduos que gerem frutos de tamanho grande.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) quando o quociente entre o comprimento e o diâmetro se aproximar de 1.0, o fruto terá formato mais arredondado. Portanto os frutos dos genótipos 2 e 5 são mais arredondados, pois seus cocientes entre comprimento e diâmetro aproxima-se de 1 em todos os estádios de maturação.

O tamanho do fruto é um fator muito importante na comercialização. Geralmente os frutos do umbuzeiro maiores são mais valorizados, principalmente quando destino é o consumo fresco.

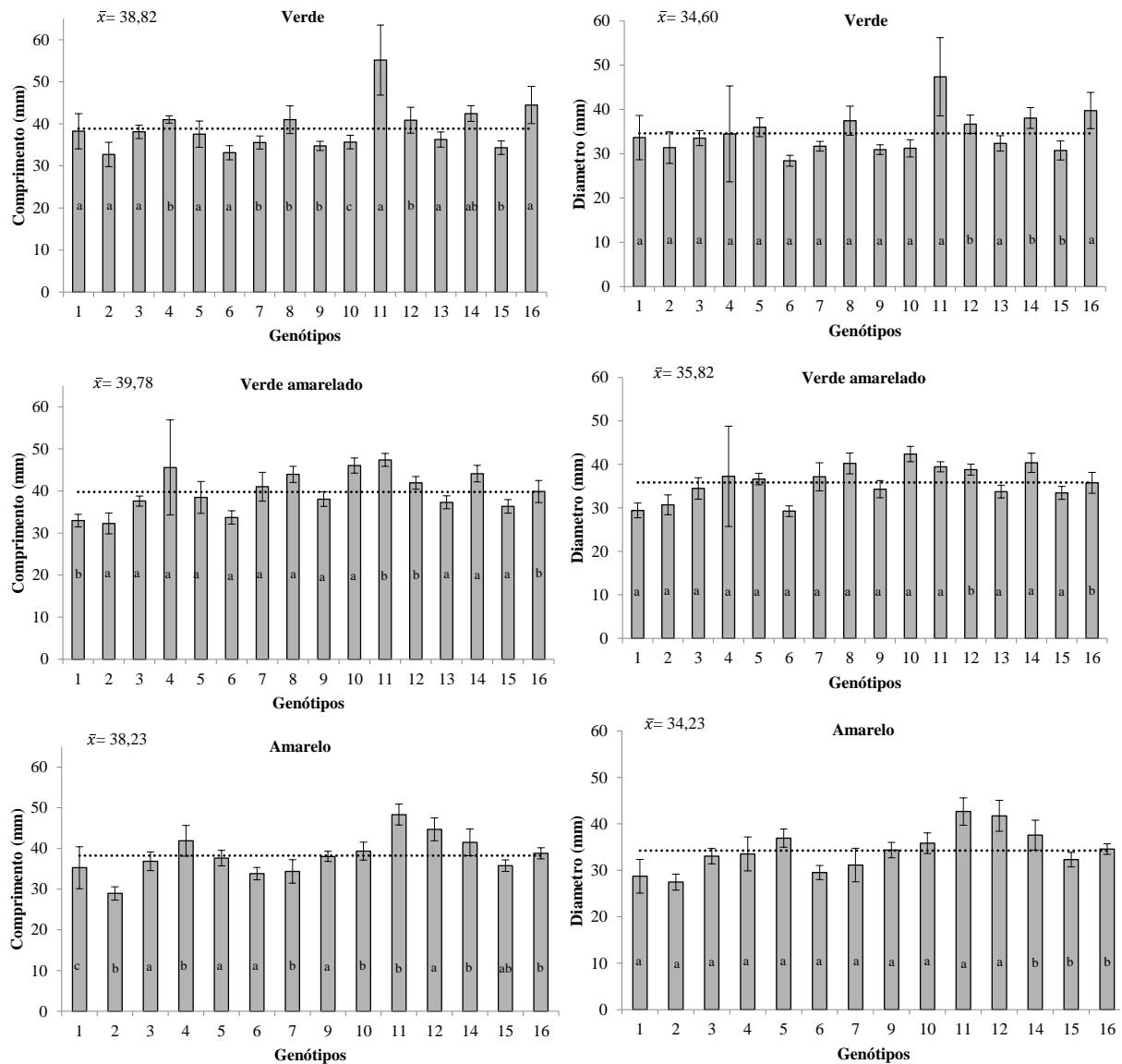


Figura 3: Comprimento e diâmetro de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. $n=30$ e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.3. Massa fresca e firmeza

Os genótipos que apresentaram o maior valor médio de massa fresca foi o P11 com 42,04g; 45,54g e 44,78g nos estádios verde, verde amarelado e amarelo, respectivamente (Figura 4), seguido do P14 e P12 que também apresentaram uma elevada massa fresca. Estes valores bem são superiores aos reportados por Lopes (2007) que variou de 12,96 a 27,28 para fruto do acesso umbu laranja colhidos em diferentes estádios de maturação; bem como foi superior também ao valor médio (17,08g) reportado por Almeida (2009) em 12 genótipos de umbuzeiro da região de Picos-PI.

Normalmente os frutos do umbuzeiro que apresentam maior massa e tamanho tem preferência no mercado de frutos frescos, pois normalmente são mais atraentes aos olhos dos consumidores, porém nem sempre estes são os que possuem maior rendimento.

O genótipo P7 foi o que apresentou frutos com maior firmeza 41,79; 36,59 e 19,74N nos estádios verde, verde amarelado e amarelo, respectivamente (Figura 4). Com o avanço da maturação, a firmeza diminuiu. A perda progressiva da firmeza do fruto causando o amolecimento da polpa é consequência da decomposição dos componentes da parede celular; desagregação de polímeros, tais como celulose, hemicelulose e pectina (BU et al., 2013; PAYASI et al., 2009). Lopes (2007) reportou valores médios de firmeza entre 26,06 e 4,29N, em umbu laranja durante a maturação.

A firmeza é considerada um dos principais atributos de qualidade e aceitabilidade de frutos frescos (SILVA, 2014). Assim é importante conhecer o grau de firmeza de um fruto no momento da colheita, para poder direcioná-lo ao mercado consumidor.

Quando mais firmes, os frutos suportam destinos mais longos, sem perder a qualidade. Entretanto frutos pouco firmes são colocados no mercado mais rápido e próximo das unidades produtoras e normalmente as perdas são maiores.

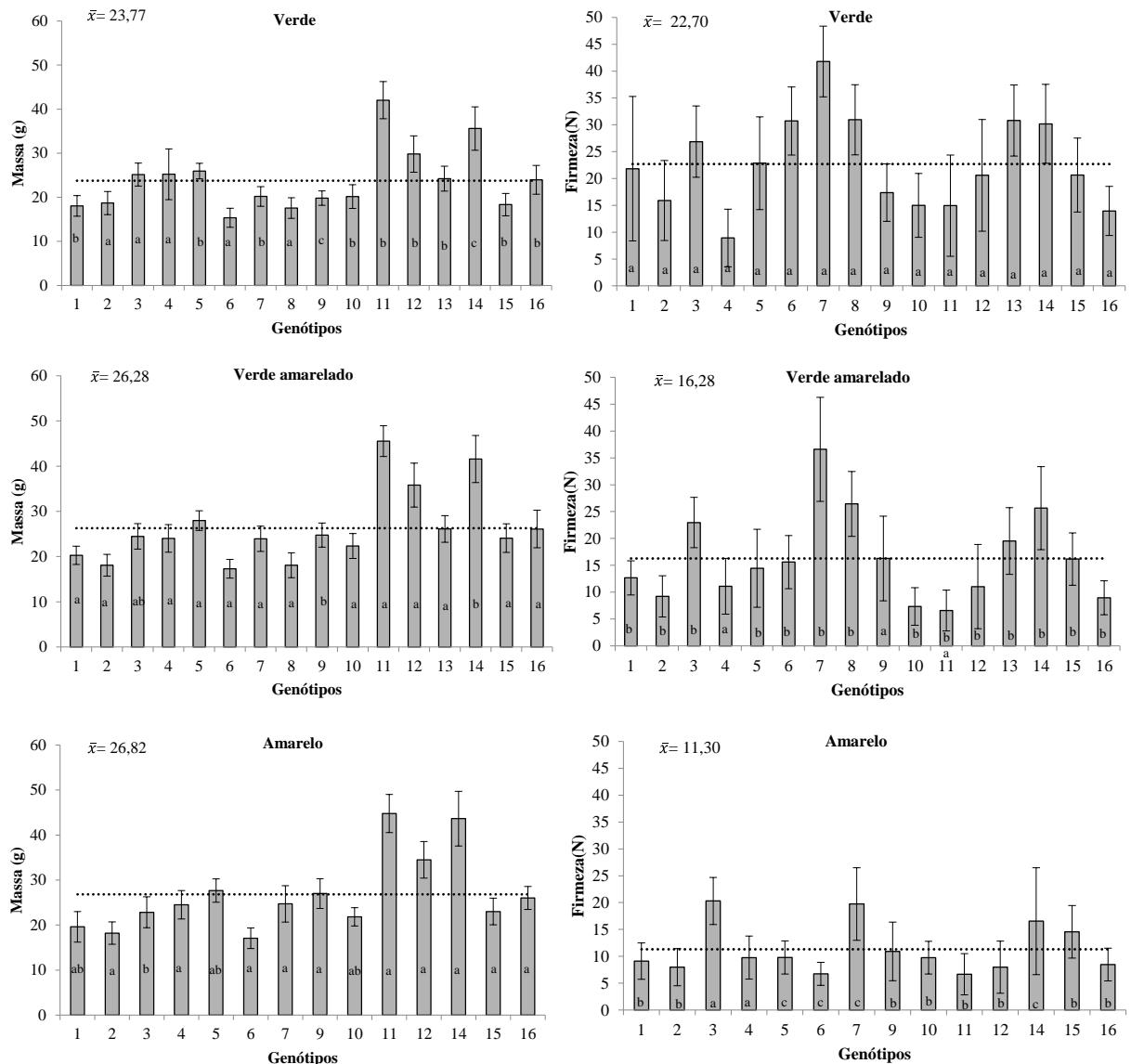


Figura 4: Massa fresca e firmeza de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.4. Rendimento de polpa e percentuais de casca e semente

O rendimento médio de polpa dos frutos do umbuzeiro variou de 42,25% (P1) a 64,17% (15) no estádio verde; 44,64% (P5) a 69,30% (P15) no estádio verde amarelado e 50,42% (P1) a 68,27% (P15) no estádio amarelo (Figura 5). No geral o rendimento foi mais elevado no estádio amarelo. Isto ocorre porque com o avanço da maturação as cascas ficam mais fina e

com menor percentual. O rendimento de polpa do umbu aproxima-se do valor reportados por Gondim (2012) e Dantas Júnior (2008), que foram de 63,26% e 73.16% respectivamente.

O alto rendimento de polpa é uma das características mais desejáveis, tanto para consumo fresco, quanto para o processamento, visto que este é um parâmetro de qualidade para as indústrias, como doces em massa, néctares, etc. (Chitarra e Chitarra, 2005).

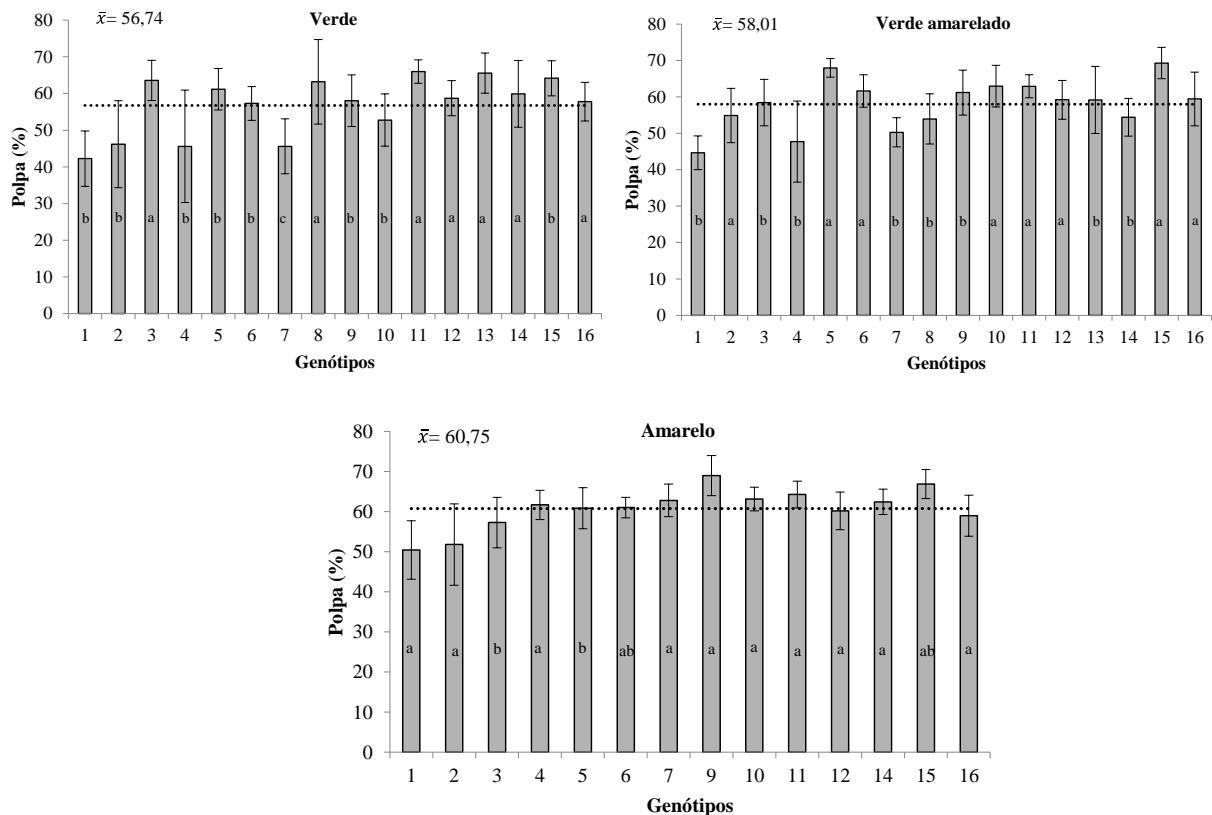


Figura 5: Rendimento de polpa, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

As maiores percentagens da casca foram as dos genótipos P1, P2, P4 e P7 (figura 6). O menor valor encontrado foi de 18,43 % (P9 estádio amarelo) e o maior foi de 41% (P7 estádio verde). Este valor é superior aos reportados por Gondim (2012) de 14,84 a 30,71% e Dantas Júnior (2008) de 8,14 a 27,30%. No geral observou-se que com o avanço da maturação a percentagem de cascas diminui. Isso ocorre porque no final da maturação as cascas tornam-se mais finas e a casca é facilmente separada da polpa devido está encontrando-se em forma líquida.

A percentagem de semente dos frutos do umbuzeiro foi menor no genótipo P15 independentemente do estádio de maturação. Frutos deste genótipo, apresentaram os maiores rendimentos de polpa entre os estádios de maturação (Figura 6). O percentual de semente variou de 11,63% (P15) a 19,23% (P2). O resultado deste estudo está próximo dos de Amaral et al. (2007) e Gondim (2012) que relataram % semente do umbu de 14,16% e 14,81%, respectivamente.

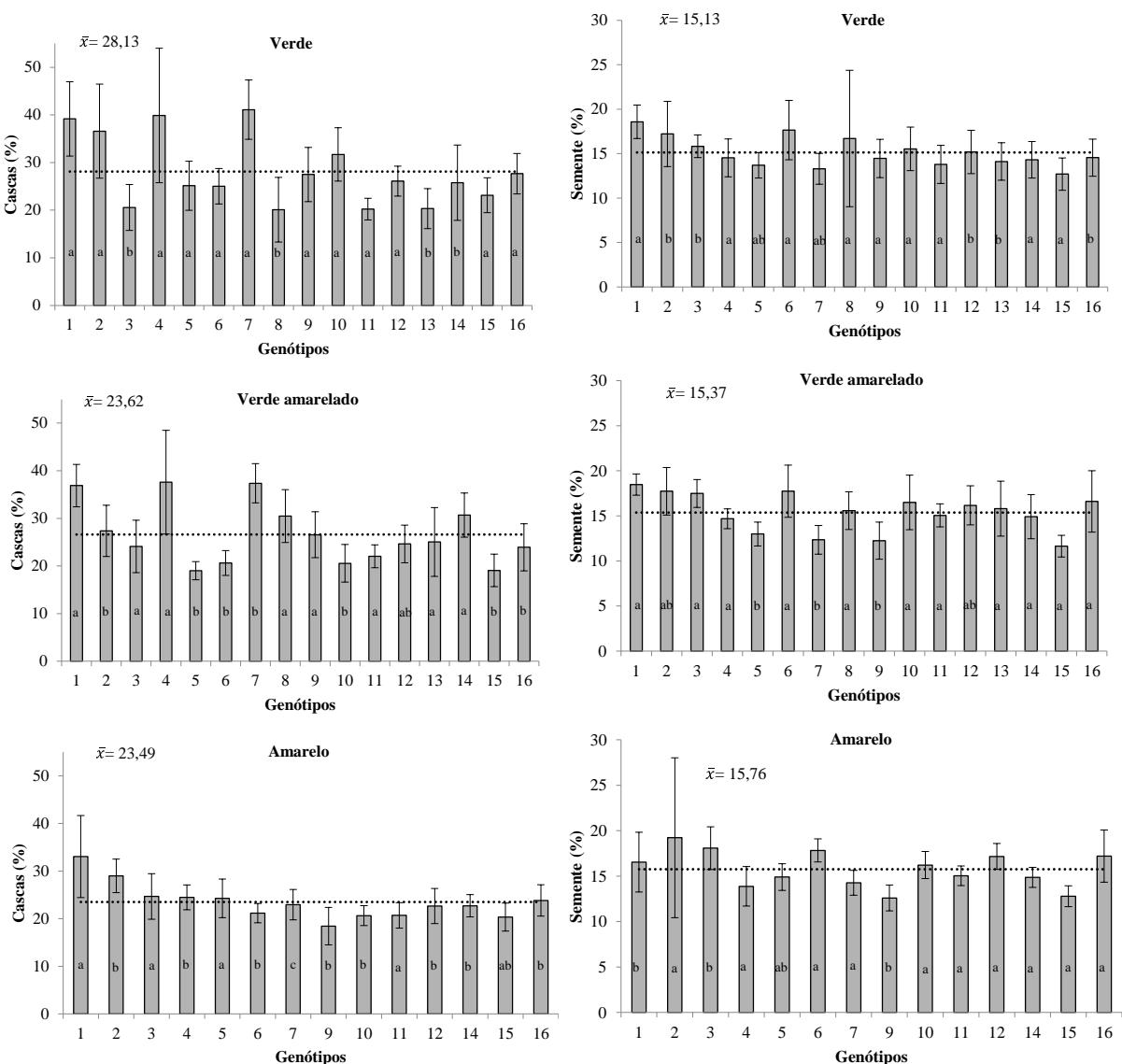


Figura 6: Percentagem cascas e semente dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.5. Sólidos Solúveis e Acidez titulável

O conteúdo de sólidos solúveis (SS) aumentou durante a maturação, sobretudo os do genótipo P5 que variou de 11,17% no estádio verde, para 13,75 no estádio amarelo (Figura 8). Estes resultados são superiores aos de Lopes (2007), que relataram um aumento em umbus durante a maturação de 8,1% a 9,9%.

O SS encontrado para todos os genótipos avaliados neste trabalho foi superior ao mínimo exigido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para umbu, de acordo com a Instrução Normativa de nº 19, de 19 de junho de 2013, que é de 9%, indicando que estes frutos são mais doces.

O SS deste estudo é em geral superior ao de Almeida (2010); Gondim (2010); Rufino et al. (2009) e Dantas Júnior (2008) que foi de 9,87; 10,98; 10,30 e 9,60%, respectivamente.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o teor de sólidos solúveis tende a aumentar durante a maturação devido a biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos.

A acidez titulável (AT) diminuiu com o avanço da maturação (Figura 6). O genótipo P12 foi o que apresentou maior AT no estádio verde 1,63%. No estádio amarelo esse valor diminuiu atingindo a 1,09% de ácido cítrico, diferente dos demais estádios ($p \leq 5$). E o menor valor de acidez titulável foi a do P8 (0,83%), no estádio verde amarelado. Estes resultados estão de acordo com os de Dantas Júnior (2008) e Gondim (2012) que reportaram acidez variando de 0,69 a 2,04 e 0,65 a 1,10% de ácido cítrico, respectivamente, mas são inferiores a AT do umbu estudado por Rufino et al. (2009) que foi de 2,17 %. No estádio verde amarelado os genótipos P4, P8, P10, P15, P16 e no amarelo (P3, P5, P10 e P14) apresentaram valor igual ou inferior a 1% de ácido cítrico, caracterizando frutos de menor acidez.

O teor de ácidos orgânicos, geralmente diminui com a maturação dos frutos, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

De acordo com Gondim (2012) genótipos que apresentam valor de acidez titulável inferior a 1,0% são adequados ao consumo fresco, enquanto os com acidez acima desse valor, são de maior interesse para a industrialização, tendo em vista, minimizar a adição de ácido cítrico para padronização da polpa.

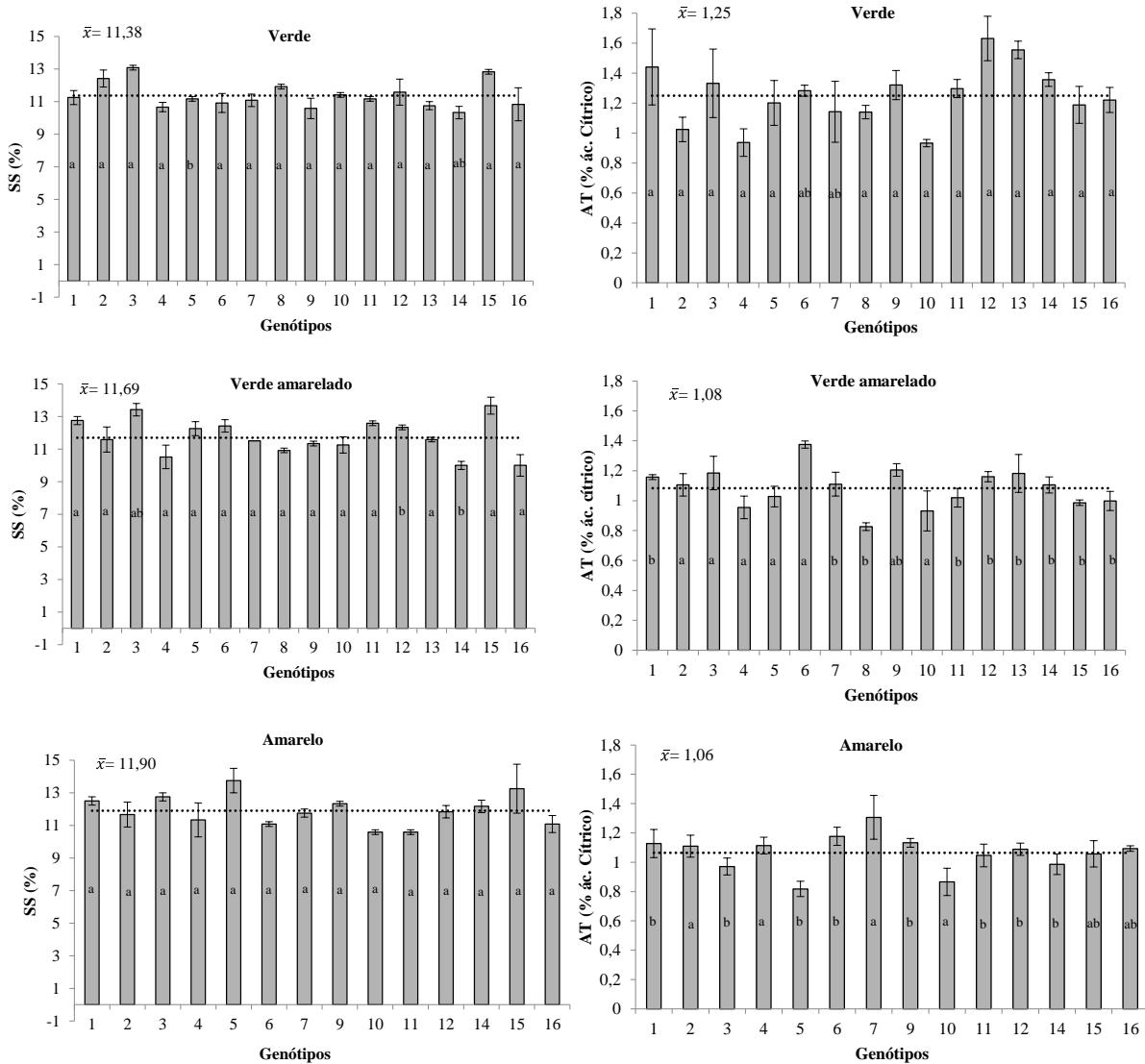


Figura 7: Sólidos solúveis e acidez titulável dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.6. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável e Potencial hidrogeniônico (pH)

A relação SS/AT, aumentou com o avanço da maturação nos genótipos avaliados. O P5 foi o que apresentou evolução mais expressiva, aumentando de 9,39 no estádio verde, 11,97 no estádio verde amarelado, a 16,90 no estádio amarelo (Figura 8).

Os genótipos que apresentaram maior relação SS/AT foram P10 (12,23), P15 (13,86) e P5 (16,90) nos estádios verde, verde amarelado e amarelo, respectivamente. E os que apresentaram menor relação de SS/AT foram P13 (6,91), P14 (9,06) e P7 (9,09) nos estádios de maturação verde, verde amarelado e amarelo, respectivamente. Dantas Junior (2008) reportou uma grande amplitude na relação SS/AT (4,89 a 11,89) em 32 genótipos. Este mesmo autor afirmou que isso ocorre porque a relação SS/AT tem correlação direta com seus componentes, e estes são bastante influenciados tanto por fatores ambientais como pelo próprio potencial genético das plantas.

A relação SS/AT é um importante parâmetro de qualidade dos frutos, pois fornece uma ideia da palatabilidade, indicativo de sabor, uma vez que é consequência do balanceamento entre os constituintes com sabor doce e ácido do produtos (VENCESLAU, 2013). Com o avanço da maturação, os teores de açúcares aumentam e os ácidos orgânicos diminuem, assim, essa relação aumenta com o amadurecimento (PEREIRA et al., 2006).

O Potencial hidrogeiônico variou entre 2,18 (P16) no estádio verde a 3,08 (P5) no estádio amarelo (Figura 7). Estes valores estão próximos daqueles relatados por Rufino et. al. (2009); Almeida (2010) e Lopes (2007) que verificaram valores médios de 2,62; 2,22 e 2,63, respectivamente.

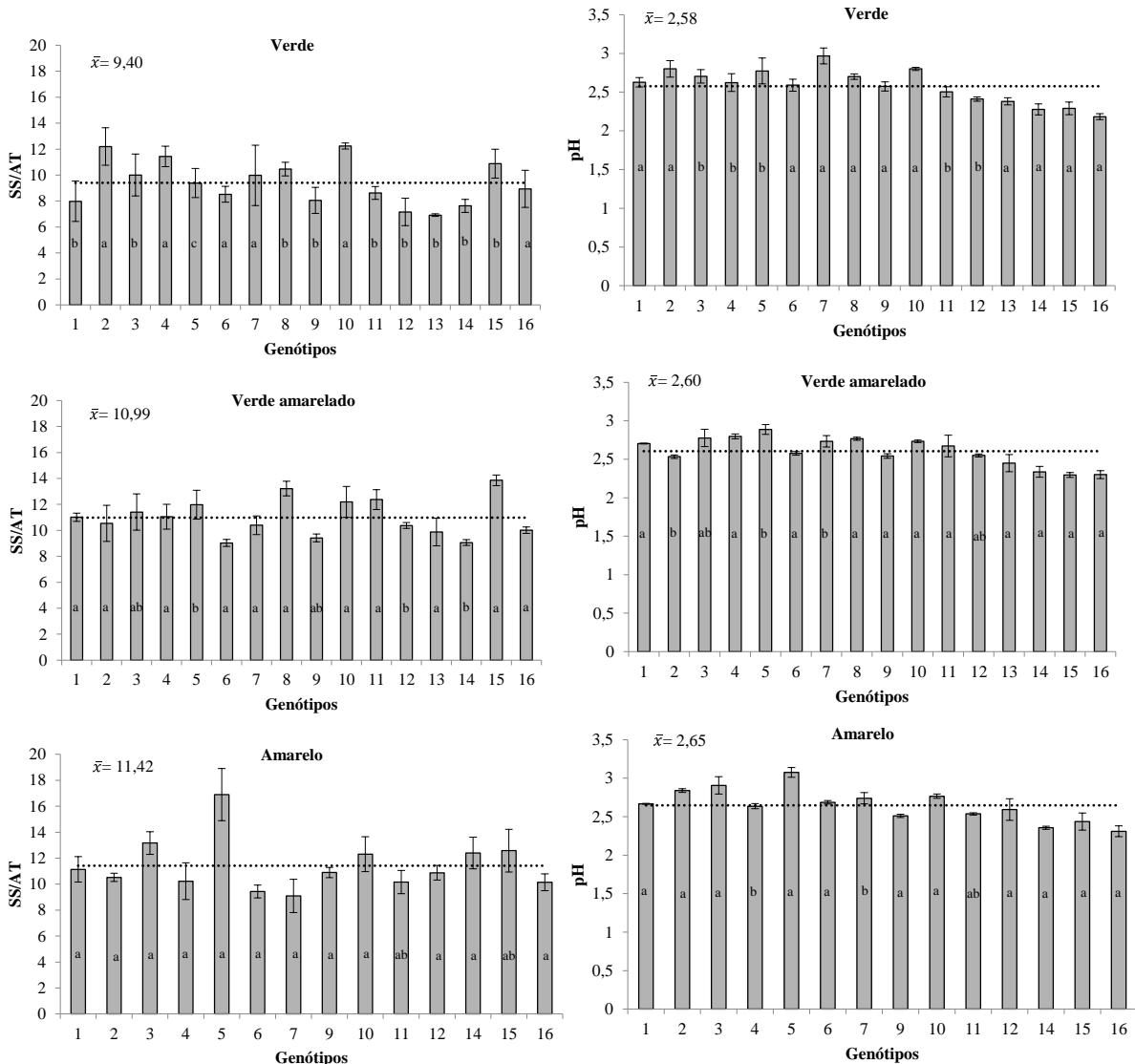


Figura 8: Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável e Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.7. Açúcares Redutores (AR), Açúcares não redutores (ANR) e Açúcares solúveis totais

Entre os açúcares redutores dos 16 genótipos verificou-se que dois deles se destacaram em todos os estádios de maturação; P3 com 4,11; 4,79 e 4,62 e P9 3,85; 4,56 e 4,64 nos estádios de maturação, verde, verde amarelado e amarelo, respectivamente (Figura 9). E os menores valores de açúcares redutores foram os do genótipo P16 em todos os estádios de maturação. Nos genótipos P1, P3, P4 e P5 foi observado acréscimo à medida que os frutos foram amadurecendo.

Os resultados deste estudo estão próximos aos de Lopes (2007), com 2,59 a 3,25% de AR em diferentes estádios de maturação de umbu laranja, bem como dos de Dantas Júnior (2008) com 2,33 a 6,23% avaliando 32 genótipos do umbuzeiro. Rufino et al. (2009) também encontraram AR de umbu de 6,65%

Para os açúcares não redutores (ANR) os genótipos que apresentaram maior conteúdo foram o P1 com 3,78 e 3,64% nos estádios verde amarelado e amarelo, respectivamente; e o P2 com 2,79% no estádio verde.

De acordo com Lima et al. (2012) e Ferreira et al. (2000), o valor médio do teor de açúcares não-redutores polpa de umbu foi 2,12 e 2,52%, respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa encontrada neste estudo com 0,85 a 3,78%. Santos et al. (2010) reportaram valor médio de 3,20% em umbu-cajá (*Spondias tuberosa* XS. mombin).

A determinação dos teores de açúcares individuais é importante, quando se objetiva avaliar o grau de docura do produto, pois o poder adoçante desses açúcares é variado e aumenta na sequência glicose: sacarose: frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

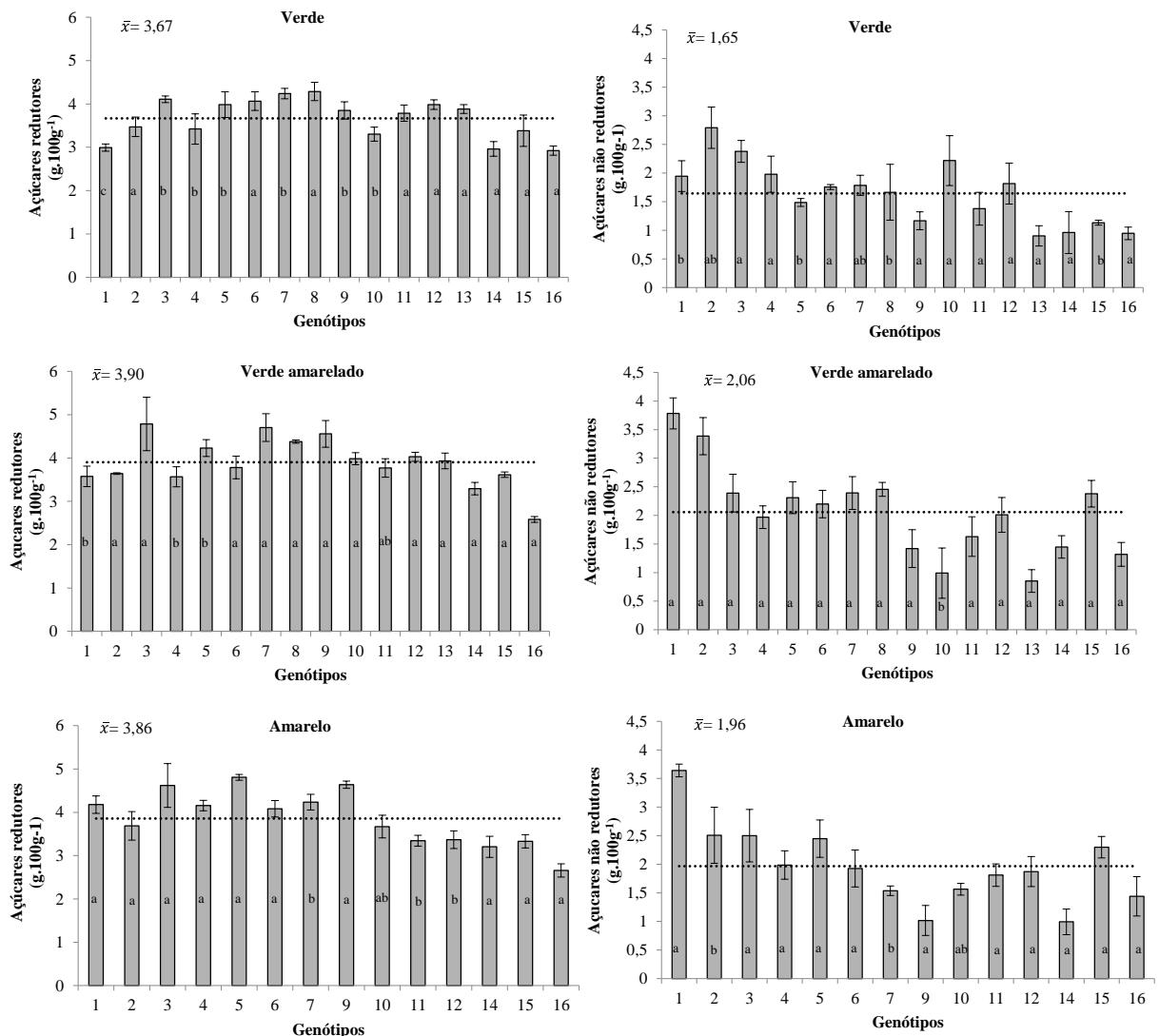


Figura 9: Açúcares Redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

Com relação aos açúcares solúveis totais (AST), os menores conteúdos foram os do genótipo P16 com 3,92; 3,97 e 4,17% nos estádios verde e verde amarelo e amarelo, respectivamente. E os maiores valores foram os dos genótipos P3 (6,61%) no estádio verde e P1 com 7,56 e 8,01% nos estádios verde amarelo e amarelo (Figura 10).

Os resultados encontrados neste estudo são superiores aos de Lopes (2007) estudando umbu laranja em diferentes estádios de maturação com AST de 3,69% no estádio mais verde a 5,79% no estádio mais maduro e superior ao valor médio reportado por Lima et al. (2012), de 4,69%.

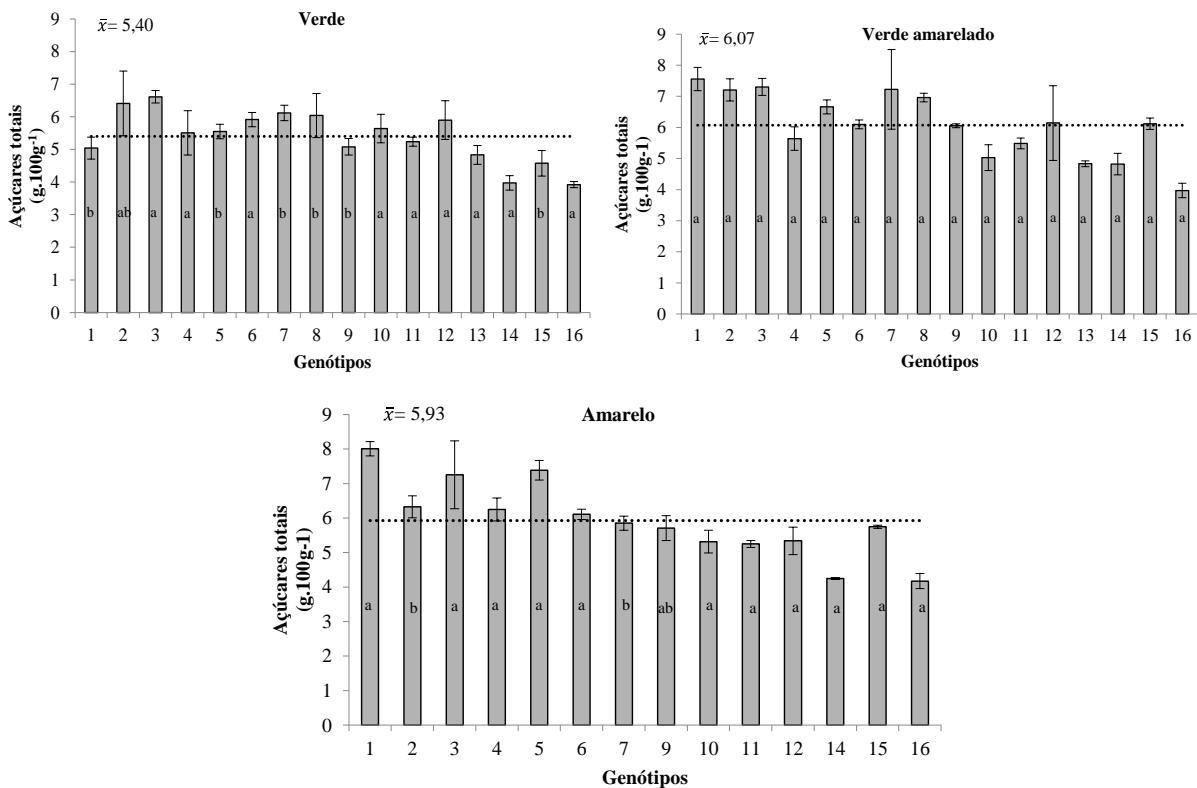


Figura 10: Açúcares solúveis totais dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelado e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral. n= 30 e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.1. Componentes principais e análise de cluster

Para explicar a variação entre os genótipos de umbuzeiro, avaliados em três estádios de maturação, foi feita uma análise dos componentes principais em cada estádio de maturação avaliado seguintes características físicas: Comprimento, Diâmetro, Massa fresca, rendimento de polpa, casca e semente, firmeza e para os parâmetros de coloração L*, a*, b*.

No estádio verde, foi considerada a variância acumulada maior que 60% em dois componentes principais. Observa-se na Tabela 1 e na Figura 11 que as variáveis que mais contribuíram para formação do CP1 (38,53%) foram comprimento, diâmetro, a massa fresca e o rendimento de polpa. A variação projetada no eixo do CP2 foi altamente explicada pelo percentual de semente, firmeza e pelo parâmetro de coloração b*. Essas características foram responsáveis pela formação de dois grupos.

As variáveis rendimento de casca, luminosidade e o parâmetro de coloração a*, não estiveram compondo nenhum dos dois componentes por apresentar auto vetores muito baixos.

Dessa forma, tais variáveis não se apresentam importantes para explicar a variabilidade dos genótipos avaliados no estádio verde.

O grupo 1 foi composto pelos genótipos 11, 12, 14 e 16, proveniente do Brejo da Madre de Deus e têm em comum elevado tamanho, decorrentes das medidas de comprimento e diâmetro, os quais foram superiores aos demais genótipos avaliados neste estudo (Figura 11). O grupo dois foi formado por todos os outros genótipos analisados.

Tabela 1: Auto vetores em dois componentes principais (CP1, CP2), das variáveis relacionadas com tamanho e rendimento de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Variáveis	CP1	CP2
Comprimento	0,447	-0,137
Diâmetro	0,454	-0,110
Massa fresca	0,449	-0,131
Rendimento de Polpa	0,328	0,366
Rendimento de casca	-0,222	0,008
Rendimento de semente	-0,301	-0,394
Firmeza	-0,083	0,488
L*	0,242	0,265
a*	0,280	-0,239
b*	-0,042	0,545

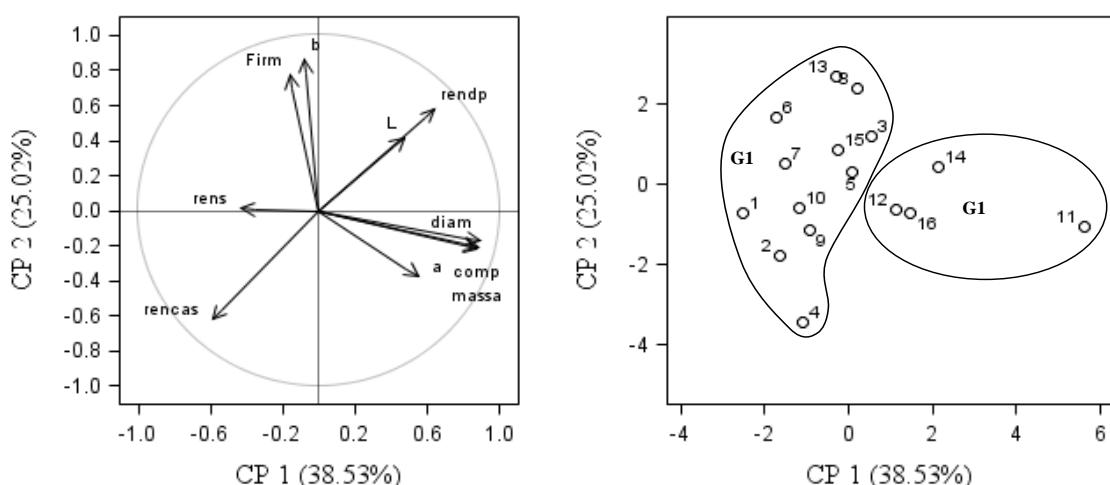


Figura 11: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco. L, a, b: parâmetros de correlação; Comp: comprimento; Diam: diâmetro; Massa: massa fresca; Firm: firmeza; Rendp: rendimento da polpa; Rencas: rendimento de casca; Rens: rendimento de semente.

No estádio amarelo três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) foram utilizados para explicar a variabilidade dos dados (Figura 12), que juntos, obtiveram uma variância acumulada

de 73,19%. Quem contribuiu para a formação do CP1 foram as variáveis Rendimento de polpa e percentual de semente; no CP2 foram Comprimento Diâmetro e Massa fresca; e no CP3 percentual de casca, firmeza e o parâmetro de coloração a*.

No estádio de maturação verde amarelado os parâmetros de coloração L (luminosidade) e b*, compuseram nenhum dos três componentes principais por apresentarem auto vetores muito baixos. Portanto, estas variáveis não são importantes para explicar a variabilidade dos genótipos avaliados no estádio verde amarelado.

Os genótipos que formaram o grupo 2 no estádio de maturação verde amarelado foram P5, P9 e P15; os quais têm em comum valores intermediários de comprimento, diâmetro e massa fresca, além de apresentarem pouca luminosidade (parâmetro de cor L*). Todos os demais genótipos formaram o grupo 2 (Figura 13).

Tabela 2: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), das variáveis relacionadas com tamanho e rendimento de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Comprimento	-0,256	0,518	-0,036
Diametro	-0,269	0,483	-0,096
Massa fresca	-0,330	0,372	0,111
Rendimento de Polpa	-0,472	-0,246	0,054
Rendimento de casca	0,291	-0,059	0,521
Rendimento de semente	0,406	0,283	-0,234
Firmeza	0,229	0,197	-0,456
L*	0,326	0,348	0,220
a*	-0,193	0,177	0,516
b*	0,291	0,159	0,354

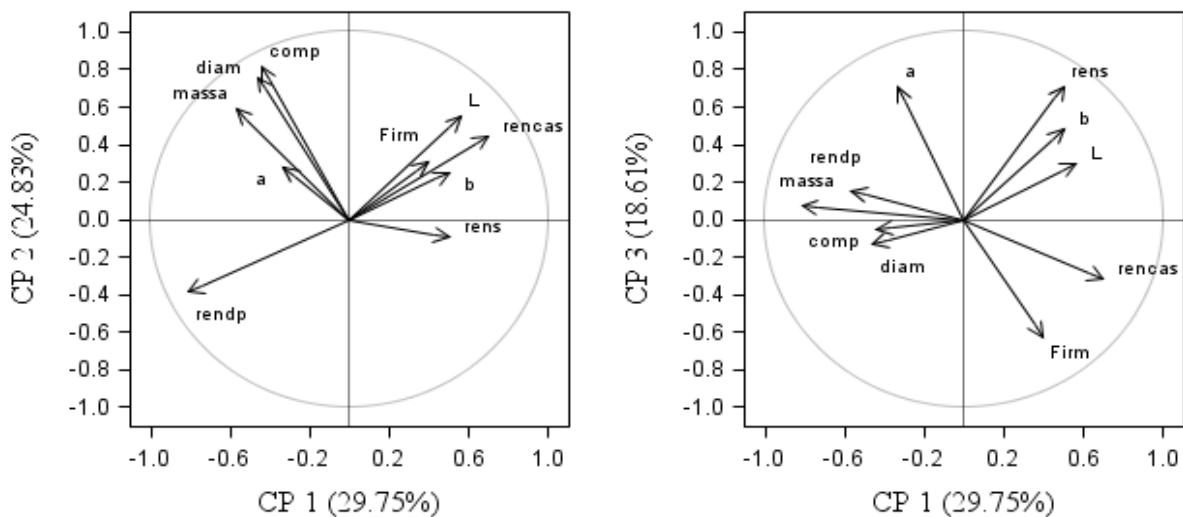


Figura 12: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco. L, a, b: parâmetros de correlação; Comp: comprimento; Diam: diâmetro; Massa: massa fresca; Firm: firmeza; Rendp: rendimento da polpa; Rencas: rendimento de casca; Rens: rendimento de semente.

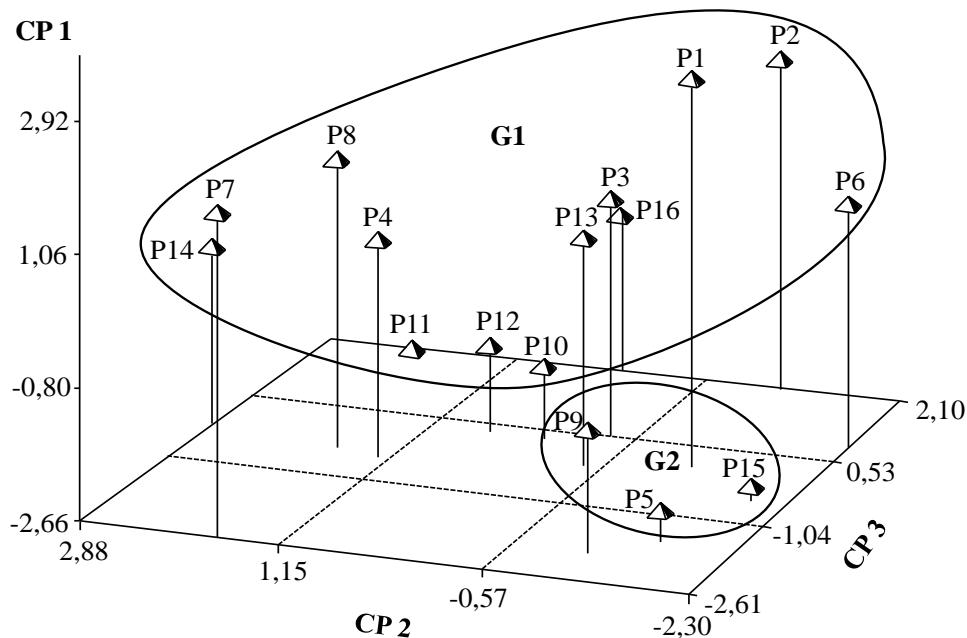


Figura 13: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação verde amarelado, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3. G: grupos; P= genótipos.

No estádio de maturação amarelo também foram utilizados três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) para explicar a variabilidade dos dados (tabela 3). O componente principal 1 correspondeu a 33,76% (Figura 14) que correspondeu as variáveis de comprimento, massa fresca e os rendimentos de polpa, e percentual de casca e semente. O CP2 (24,21%) correspondeu ao comprimento, diâmetro, massa fresca e parâmetros de coloração L* (luminosidade) e a*. O CP3 (14,64%) correspondeu as variáveis diâmetro, firmeza e parâmetro de coloração a*. Juntos representaram uma variância acumulada de 72,71%.

A Figura 15 apresenta a dispersão dos genótipos de umbuzeiro com base nas características físicas; Neste observa-se a formação de dois grupos. Integram o grupo 1 os genótipos P4, P5, P7, P9, P10, P11, P12, P14 e P15 os quais têm em comum neste estádio de maturação o alto rendimento de polpa e baixo percentual de sementes. Os demais genótipos formam o grupo 2.

Tabela 3: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), das variáveis relacionadas com tamanho e rendimento de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação amarelo oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Comprimento	0,379	0,349	0,032
Diâmetro	0,176	0,354	-0,436
Massa fresca	0,350	0,388	0,227
Rendimento de Polpa	0,494	-0,191	0,121
Rendimento de casca	-0,394	0,332	-0,154
Rendimento de semente	-0,454	0,079	-0,081
Firmeza	0,025	-0,168	0,568
L*	-0,103	0,484	0,344
a*	-0,011	0,430	0,106
b*	-0,293	0,038	0,511

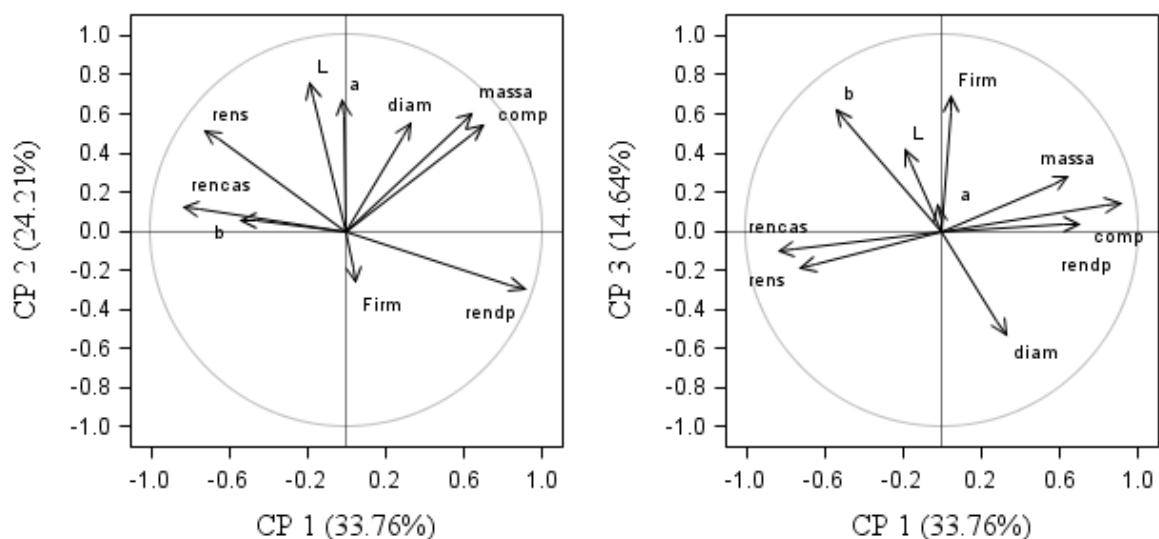


Figura 14: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação amarelo oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco. L, a, b: parâmetros de correlação; Comp: comprimento; Diam: diâmetro; Massa: massa fresca; Firm: firmeza; Rendp: rendimento da polpa; Rencas: rendimento de casca; Rens: rendimento de semente.

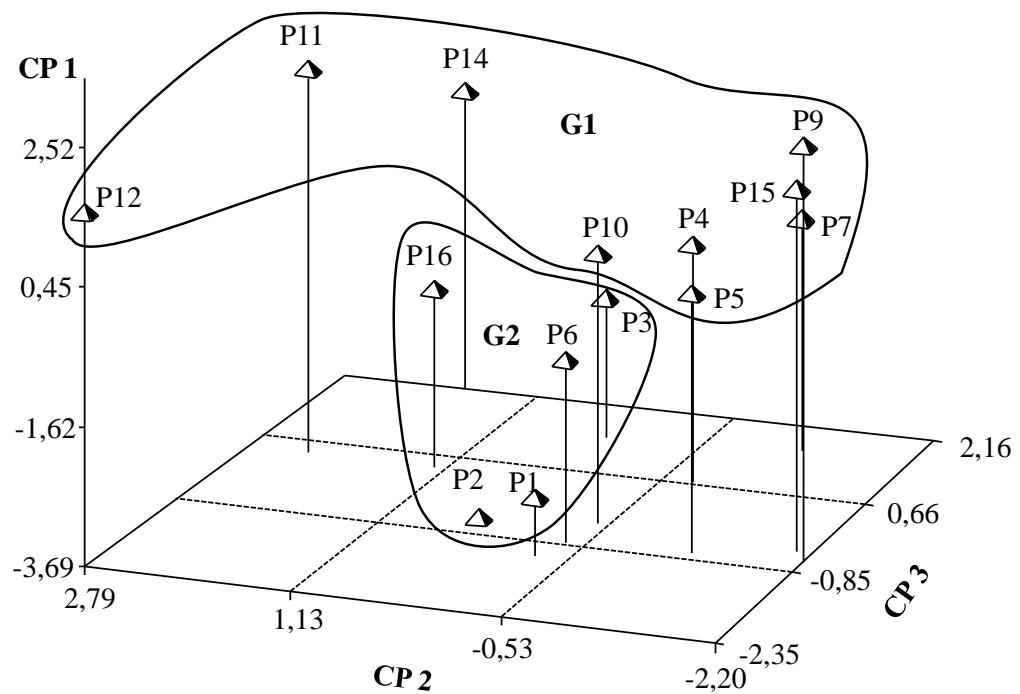


Figura 15: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação amarelo, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3. G: grupos; P= genótipos.

4. CONCLUSÕES

Os frutos dos genótipos Colhidos em Brejo da Madre de Deus, Pernambuco possuem uma coloração amarela mais intensa, quando maduros, do que os de Casserengue, Paraíba;

Os genótipos P11, P12 e P14 apresentam elevado tamanho e massa fresca, superando em cerca de 50% a média geral relatada na literatura;

Dos 16 genótipos avaliados, 5 no estádio verde (P4, P8, P10, P15 e P16) e 4 no estádio amarelo (P3, P5, P10 e P14) apresentam teor de acidez mais baixo, que se adeque o consumo fresco quando colhidos nos estádios de maturação verde amarelado e amarelo;

Os sólidos solúveis e a relação de sólidos SS/AT de todos os genótipos avaliados são superiores ao estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade para a comercialização de polpa umbu e outras spondias.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, V. B.; SOUZA, S. C. A.; MORAIS, F.; BARBOSA, C. M.; SALES, H. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. F. R. Biometria de frutos e sementes de umbuzeiro, *Spondias* tuberosa A. Câmara (Anacardiaceae), Norte de Minas Gerais-MG. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu – MG, 2007.

AOAC - **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Horwitz, W., ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2008.

Brasil (2013). **Instrução Normativa nº 19, de 19 de junho de 2013**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

BU, J.; YU, Y.; AISIKAER, G.; YING, T .Postharvest UV-C irradiation inhibits the production of ethylene and the activity of cell wall-degrading enzymes during softening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 377-345, 2013.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. D. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2. ed., 293p.: il. 2005

DANTAS JÚNIOR, O. R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do Semi-Árido nordestino**. Areia, PB: UFPB, 2008. 90p, Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, 2008.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3**. 2007.

GONDIM, P. J. S. **Identificação de carotenoides e quantificação de compostos bioativos e atividade antioxidante em frutos do gênero *Spondias***. Areia. CCA/UFPB, 2012. 104p. (Tese de doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia)

IBGE, **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=29&i=P>> Acesso em 15/01/2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2ª Edição. São Paulo, v.1, 371p. 2005.

LIMA, A. K. V. DE O. et al. PALMA FORRAGEIRA PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE UMBUZADAS FORMULATED WITH SPINELESS CACTUS. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1517-8595, p. 397–405, 2012.

LOPES, M. F. **Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja** (*Spondias* tuberosa Arruda Câmara). João Pessoa. CT/UFPB, 2007. 123p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

MOURA, F. T., de Melo Silva, S., Schunemann, A. P. P., & Martins, L. P. (2013). Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, 44(4), 764-772.

PALIYATH, G.; MURR, D. P. Biochemistry of Fruits. In: PALIYATH, G.; MURR, D. P.; HANNA, A. K.; LURIE, S. (eds) **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables and Flower**. Wiley-Blackwell Publishing, cap 3, p. 19-50, 2008.

PAYASI, A.; MISHRA, N. N.; CHAVES, A. L. S.; SINGH, R. Biochemistry of fruit softening: an overview. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 15, p. 103-113, 2009.

PEREIRA, M.E.C.; CANTILLANO, F.F.; GUTIEREZ, A.S.D; ALMEIDA, G.V.B. **Procedimentos Pós-colheita na Produção Integrada de Citros**. EMBRAPA – Cruz das Almas, BA. Documentos 156, 2006.

RODRIGUES, F. F. G., do Nascimento, E. M. M., Furtado, C. A. N., & da Costa, J. G. M. (2010). Análise físico-química de espécies de Spondias oriundas do cariri cearense. *Cadernos de Cultura e Ciência*, 1(1), 44-52.

RUFINO, M. S., Fernandes, F. A., Alves, R. E., & de Brito, E. S. (2009). Free radical-scavenging behaviour of some northeast Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, 114(2), 693-695.

SANTOS, E de O. C.; Oliveira, A. C. N de. Importância sócio-econômica do beneficiamento do umbu para os municípios de canudos, Uauá e Curaçá. **3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de chuva no Semi-Árido**. Petrolina PE. 2001.

SANTOS, M. B. DOS et al. CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE UMBU-CAJÁ (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) PROVENIENTES DO RECÔNCAVO SUL DA BAHIA. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 32, p. 1089–1097, 2010.

Silva, G. G., de Moraes, P. L. D., Carlos, R. H., Rocha, E. C. D. S., & Sarmento, J. D. A. Caracterização do fruto de Cajaranazeira em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.2, p.159-163, 2009

SILVA, L. M. M. DA. Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos**, 2013.

VENCESLAU, W. C. D. **MATURAÇÃO, CONSERVAÇÃO E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM GOIABAS "PALUMA"**. Pombal. CCTA/UFCG, 2013. 135p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar).

CAPITULO II

Compostos bioativos e atividade antioxidante de porções comestíveis de frutos de genótipos do umbuzeiro durante a maturação

RESUMO

O umbu está alcançando espaço no mercado nacional, por apresentar sabor ácido e refrescante, aroma, qualidade nutritiva desejável para o consumo fresco e formulação de alguns produtos a base deste fruto. Em época de colheita do umbu que é sazonal existe uma grande oferta de frutos que possuem vida pós-colheita curta. As cascas de alguns frutos como do umbu, podem ser consumidas com a polpa, ou aproveitadas em forma de diversos produtos. Os frutos contêm antioxidantes naturais com capacidade de sequestrar radicais livres. A utilização de cascas de frutos na alimentação, vem sendo muito discutida devido ao seu aporte de fitoquímicos e potencial antioxidante. Dentre os compostos bioátivos estão a vitamina C, os carotenoides, e os polifenóis extraíveis totais aos quais se tem direcionado particular interesse por serem evitarem as doenças degenerativas. Sabe-se que o umbu possui boa atividade antioxidante, porém existem poucos estudos com avaliação dos compostos bioativos durante a maturação. Como também sabendo que existe poucos trabalhos que reportam sobre os valores destes compostos nas cascas deste fruto. O objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo dos compostos bioativos e a atividade antioxidante nas porções comestíveis dos frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro de matrizes localizadas na zona rural dos municípios de Casserengue – PB e Brejo da Madre de Deus – PE. Para isto os frutos foram descascados e analisados separadamente polpa e cascas e as análises realizas foram de compostos bioativos e atividade antioxidante. Observou-se que os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante tanto na polpa como na casca e que os flavonoides e o ácido ascórbico também contribuem; a casca dos frutos de umbuzeiro possui um aporte fitoquímico e uma atividade antioxidante em média 5 e 15 vezes maior que a polpa, respectivamente. A atividade antioxidante tanto da polpa quanto da casca dos frutos do umbuzeiro diminui com o avanço da maturação.

Palavras-chave: Spondias tuberosa, Cascas, Compostos fenólicos

BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EDIBLE PORTIONS OF UMBUZEIRO GENOTYPES OF FRUIT DURING MATURATION

ABSTRACT

The umbu is reaching space in the domestic market, due to its acid and refreshing flavor, aroma, desirable nutritional quality for fresh consumption and formulation of some products made from this fruit. In umbu harvest time that is seasonal there is a large supply of fruits that have a short postharvest life. The shells of some fruit as umbu, can be consumed with the pulp, or utilized in the form of various products. The fruits contain natural antioxidants with ability to scavenge free radicals. The use of fruit peel in food, has been widely discussed because of its contribution of phytochemicals and antioxidant potential. Among the bioactive compounds are vitamin C, carotenoids, polyphenols and total extractable to which it is directed particular interest because they avoid degenerative diseases. It is known that the umbu has good antioxidant activity, but there are few studies with avaliação of bioactive compounds during ripening. But also knowing that there are few studies that report on the amounts of these compounds in the peel of the fruit. The objective of this study was to evaluate the content of bioactive compounds and antioxidant activity in the edible portions of fruits of different genotypes umbuzeiro headquarters located in rural municipalities of Casserengue - PB and Brejo da Madre de Deus - PE. For this the fruits were peeled and separately analyzed pulp and peel and realizas analyzes were of bioactive compounds and antioxidant activity. It was observed that the phenolic compounds are mainly responsible for antioxidant activity both in the flesh and in the skin and that the flavonoids and ascorbic acid also contribute; the peel of fruit umbuzeiro possesses a phytochemical antioxidant intake and on average 5 and 15 times greater than the pulp, respectively. The antioxidant activity from the pulp and the skin of fruit umbuzeiro decreases with advancing maturity.

Keywords: Spondias tuberosa, Peel, Phenolic compounds

1. INTRODUÇÃO

Os frutos do umbuzeiro vêm alcançando espaço no mercado nacional, por apresentarem sabor ácido e refrescante, aroma, qualidade nutritiva desejáveis ao consumidor e ser uma boa fonte de compostos bioativos, podendo contribuir substancialmente na dieta (ALMEIDA et al., 2011; RUFINO et al., 2010; SILVA et al., 2012; TIBURSKI et al., 2011).

Na época da safra que é sazonal e dura aproximadamente quatro meses (SILVA, 2013) há grande quantidade de frutos e o umbu é comercializado fresco ou na forma de produtos artesanais, como polpa, doces, sucos, geleias e etc. (LIMA et al., 2012). Durante a colheita, ocorrem perdas consideráveis de umbu maduro por ser bastante perecível, pois este dura no máximo três dias se armazenado em temperatura ambiente (MOURA, 2013).

Na indústria, o processamento do umbu é realizado com casca e polpa (CAMPOS, 2007). Porém, quando consumido fresco, nem sempre estas duas porções são ingeridas, principalmente quando os frutos estão completamente maduros. Quando este é o caso, a maioria dos consumidores ingerem apenas a polpa, deixando de aproveitar, esta parte comestível, nutritiva e saborosa, a casca.

As cascas de alguns frutos como do umbu, podem ser consumidas frescas juntamente com a polpa, ou aproveitadas em forma sucos, doces, frutos cristalizados, dentre outros. A utilização de cascas de frutos na alimentação vem sendo muito discutida devido ao seu aporte de fitoquímicos e potencial antioxidante. Além disso, a utilização de produtos naturais ricos em antioxidantes, tem sido uma alternativa no enriquecimento dos alimentos (MARIOD et al., 2009; DEGÁSPARI, 2004).

As características de sabor, aroma, textura, presença de compostos bioativos nos frutos é influenciada por fatores ambientais, genéticos, estádios de maturação, aspectos da colheita e pós-colheita. Tais fatores podem provocar alterações nos frutos, aumentando ou diminuindo alguns compostos. Desta forma pode-se afirmar também que, a qualidade final de um fruto destinado ao consumo fresco, está relacionada diretamente, com o seu estádio de maturação (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os frutos contêm antioxidantes naturais com capacidade de sequestrar radicais livres. Dentre essas moléculas está vitamina C, carotenoides e flavonoides, aos quais se tem direcionado particular interesse por serem defensores de doenças degenerativas. No entanto, alguns estudos têm indicado que os compostos fenólicos, tais como flavonoides e ácidos

fenólicos, são considerados antioxidantes mais potentes do que a vitamina C e a vitamina E. Assim estudos indicam alta correlação entre a atividade antioxidante total de alguns frutos e seu conteúdo fenólico (GONZÁLEZ-MONTELONGO et al., 2010; REDDY et al., 2010).

Estudos têm mostrado que a presença de compostos fenólicos e ácido ascórbico, nos frutos de umbuzeiro resultam em boa atividade antioxidante e sequestro de radicais livres (Almeida et al., 2011; Rufino et al., 2010). Os compostos fenólicos são substâncias características de alimentos de origem vegetal e são considerados os antioxidantes mais ingeridos na alimentação humana. E estes são de grande interesse principalmente por inibirem a peroxidação lipídica, a lipoxigenase in vitro (SOUSA et al., 2007), doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, e câncer (Scalbert et al., 2005).

Informações fenológicas sobre a ocorrência de matrizes de umbuzeiro com características importantes para a comercialização dos frutos frescos, tais como tamanho grande, coloração amarela, sabor e aroma agradáveis, na zona rural dos municípios de Casserengue – PB e Brejo da Madre de Deus – PE, que necessitam estudos. E portanto faz-se necessário um estudo aprofundado da presença destes compostos e da atividade antioxidante em frutos de genótipos produzidos nestas localidades, afim de identificar aqueles que possuam maiores quantidades.

Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo dos compostos bioativos e a atividade antioxidante nas porções comestíveis dos frutos de genótipos de umbuzeiro de matrizes localizadas na zona rural dos municípios de Casserengue – PB e Brejo da Madre de Deus – PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB) no ano de 2014.

2.1. Procedência dos Frutos e Colheita

Os frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) foram provenientes de 16 genótipos, dez (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10) estão localizados no município de Casserengue no estado da Paraíba e seis (P11, P12, P13, P14, P15, P16) no município do Brejo da Madre de Deus, no estado do Pernambuco.

A colheita foi feita entre os meses de maio e junho de 2014 nas primeiras horas do dia. Logo após a colheita os frutos foram colocados em caixas isotérmicas e transportados até o laboratório onde foram realizadas as análises.

Os frutos foram colhidos em três estádios de maturação (verde, verde amarelado e amarelo) com exceção dos genótipos P8 e P13 que não foi possível separar frutos no estádio de maturação amarelo.

2.2. Delineamento experimental e análise estatística

Para as avaliações foram utilizadas 3 repetições de cada estádio de maturação de cada genótipo, contendo 10 frutos cada.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software SAS 9.2, na comparação entre os estádios de maturação foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para comparação das médias dos genótipos foi utilizado o teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade através do programa estatístico Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA, 2007).

Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais, para diferentes grupos de variáveis, feita separadamente para cada estádio de maturação (ACP), com o uso do programa SAS 9,2. Para cada ACP, foi construído o círculo de autovetores das variáveis, sendo consideradas importantes as variáveis com coeficiente a partir de $|r| = 0,70$, representando os componentes que indiquem uma variância acumulada a partir de 60%. O diagrama de ordenação dos genótipos foi feito baseado na matriz de correlação das variáveis, sendo representados no plano de elipse em relação aos componentes principais 1 (CP1), 2 (CP2) e 3 (CP3). Foi feita também o agrupamento pelo método Ward's, representando a Distância

Euclidiana através do dendograma. E para a determinação da contribuição dos componentes bioativos com a atividade antioxidante das amostras estudadas, foi realizada a correlação de Pearson.

2.3. Avaliações

Ácido Ascórbico (mg.100g^{-1}): determinado na polpa por titulometria, utilizando-se solução de DFI (2,6-dicloro-fenol-indofenol 0,002 %) até obtenção de coloração róseo claro permanente, utilizando-se 1 g da amostra em 50 mL de Ácido Oxálico 0,5% conforme Strohecker & Henning (1967).

Clorofila Total da casca (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 = $[(x_{\text{abs}} \times 1000 \times V) / (1000 \times W)]/34,5 \times 100$, onde: V = volume final do extrato clorofila-acetona, W = peso da casca em gramas e x_{abs} = absorbância;

Flavonoides amarelos (mg.100g^{-1}): determinou-se na polpa e na casca, por espectrofotometria a 374 nm, seguindo a metodologia de Francis (1982), utilizando 1g da amostra para 10 mL da solução etanol PA - HCl (85:15), agitando por 1 minuto e colocando na geladeira para centrifugar no dia seguinte e logo após, efetuar-se a leitura. Os dados foram calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6;

Carotenoides Totais ($\mu\text{g.g}^{-1}$): foi determinado por espectrofotometria a 450 nm, utilizando-se solução extratora de hexano 98,5% (PA), conforme Higby (1962).

Compostos Fenólicos extraíveis Totais (PET): foram extraídos em soluções de metanol 50% e acetona 70%, conforme descrito por Larrauri et al., (1997) e a quantificação realizada em espectrofotômetro, de acordo com a metodologia de Obanda e Owuor (1997).

Atividade Antioxidante total por ABTS: A atividade antioxidante foi determinada pelo método do radical ABTS+ de acordo com método desenvolvido por Miller et al., (1993) com modificações. O radical ABTS+ foi preparado através da reação da solução de ABTS+ 7 mM com solução de persulfato de potássio 145 mM seguido de repouso no escuro à temperatura ambiente durante 16 horas antes da utilização. Foram utilizadas três diluições de cada extrato. A solução de ABTS+ foi diluída com etanol até uma absorbância de $0,700 \pm 0,05$ a 734 nm. Após a adição de 30 μL de amostra ou padrão trolox 3 mL de solução de ABTS+ diluída, absorbâncias foram lidas 6 min após a agitação. Soluções etanólicas de Trolox de concentração

conhecidas foram usados para a curva padrão e os resultados foram expressos em $\mu\text{M Trolox.g fruta}^{-1}$.

Atividade Antioxidante total por DPPH (g de polpa.gDPPH⁻¹): determinada através da captura do radical livre DPPH (1,1'-diphenil-2-picrilhidrazil) (BRAND-WILIAMS et al., 1995). A partir do extrato fenólico, foram preparadas três diluições determinadas por testes prévios, tendo como base a curva padrão do DPPH. De cada diluição, utilizou-se uma alíquota de 100 μL para 3,9 mL do radical DPPH (0,06 mM). Como controle, utilizou-se 100 μL da solução controle (álcool metílico 50% + acetona 70%) ao invés do extrato fenólico. Para calibração do espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm, utilizou-se álcool metílico PA (RUFINO et al., 2007). Todas as determinações foram feitas em triplicata. Para calcular a ATT (g de fruta/g DPPH), foi determinada 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 (Abs. Inicial do controle/2), encontrando-se a quantidade da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC 50). Todo procedimento foi realizado na ausência da luz.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Polifenóis extraíveis totais (PET)

O conteúdo de PET foi superior na casca do umbu do que na polpa e, em geral, diminuiu com a maturação.

Os Polifenóis extraíveis totais (PET), da polpa de frutos do umbuzeiro foi maior no estádio verde para o genótipo P8 ($65,34 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) o qual diferiu dos demais (Figura 1). No estádio verde amarelado, o maior valor médio foi para o genótipo 13 ($59,76 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) diferindo dos demais. No estádio amarelo, os genótipos P1, P7 e P16 ($44,85$; $46,06$ e $46,58 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, respectivamente) foram os que apresentaram maiores conteúdos de PET diferindo dos demais genótipos avaliados. No geral, os PET diminuíram com o avanço da maturação tanto na polpa quanto na casca.

Na casca a quantidade de polifenóis extraíveis totais é cerca de 5 vezes superior que na polpa nos estádios de maturação avaliados. Nesta porção do fruto, o conteúdo também diminui à medida que o fruto amadurece. Porém em alguns genótipos como o P9, ocorreu o inverso variando de $184,94 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ no estádio verde a $238,40 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ no estádio amarelo. Rufino et al. (2010) encontraram valores de $90,4 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ de polifenóis extraíveis totais em na matéria fresca e $742 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ em matéria seca de umbu.

Melo e Andrade (2010) relataram valores de $32,70$ e $38,03 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ de fenólicos totais para polpa de umbu maduro e semi maduro, respectivamente. No mesmo estudo estes autores também reportaram $454,21$ e $466,17 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ de fenólicos totais para farinha de cascas de umbu. Segundo estes autores, as cascas do umbu são material promissor para extração de compostos bioativos, com possibilidade de aplicação em alimentos como antioxidante natural. Adicionalmente, a ingestão da casca do umbu, seja em forma de suco ou no momento do consumo fresco, pode trazer diversos benefícios para a saúde humana.

Em umbu notou-se que na casca, o conteúdo de PET é maior do que na polpa. Provavelmente, os compostos fenólicos tendem a se acumular na epiderme dos frutos, como forma de proteção à radiação ultravioleta e em defesa a determinados patógenos e predadores (DIXON; PAIVA, 1995).

Os polifénóis possuem um potencial antioxidante muito maior do que o de todos os outros antioxidantes conhecidos da dieta, sendo este aproximadamente 10 vezes superior ao da

vitamina C e 100 vezes superior ao da vitamina E e carotenoides (SCALBERT e WILLIAMSON, 2000; CHINA et al., 2011).

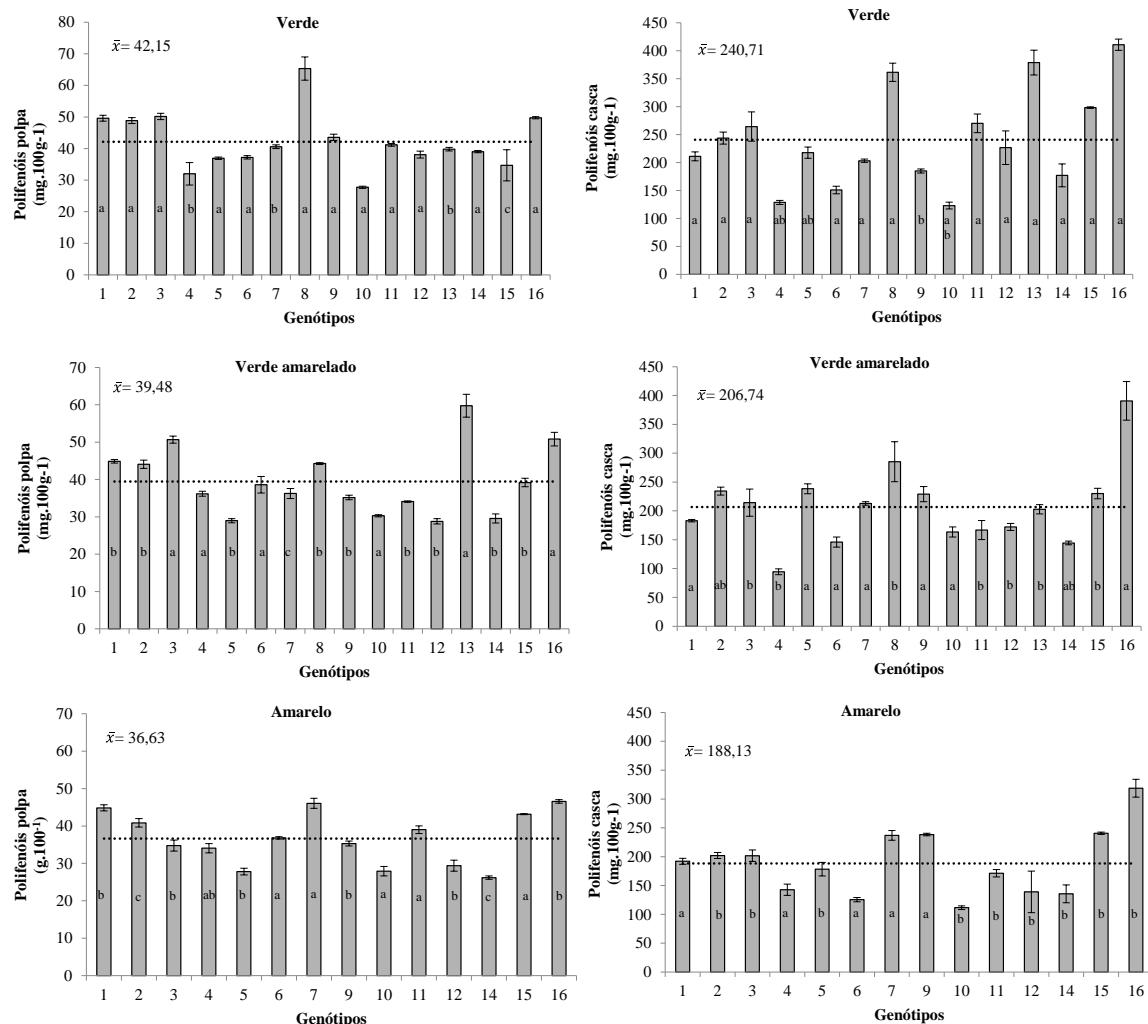


Figura 1: Polifenóis extraíveis totais (PET) da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.2. Ácido ascórbico e Clorofila totais

Em umbus do estádio verde foram encontrados valores médios de ácido ascórbico variando de $10,04 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ (P 2) a $15,81 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ nos genótipos avaliados, cujo conteúdo decresceu a medida que a maturação avançou (Figura 2). O menor valor de ácido ascórbico foi o do genótipo P6 ($6,93 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) no estádio amarelo.

Estes conteúdos estão próximos aos reportados por Gondim (2012) em umbu que variou de $6,16 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ a $14,52 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ e os de Melo e Andrade (2010), com $9,38 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ de ácido ascórbico para umbu maduro e $11,07 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ para umbu semi maduro. Nos humanos, o ácido ascórbico é importante na cicatrização das feridas, essencial na síntese de colágeno, atuando como co-fator para as enzimas lisil e propil hidroxilases, e estimulando a transcrição dos genes do colágeno (MANELA-AZULAY, 2003).

O conteúdo de clorofila total da casca dos frutos do umbuzeiro diminuiu com a maturação (Figura 2). Essa degradação, ocorre devido ao aumento dos processos oxidativos, bem como, ação das clorofilases (CERQUEIRA, 2007)

O conteúdo de clorofila dos genótipos no estádio verde foi de $1,32 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ e no estádio amarelo $0,62 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$. O genótipo P2 foi o que apresentou maior conteúdo ($2,37 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) diferindo dos demais. Gondim (2012) reportou clorofila variando de $1,39 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ a $4,54 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$. Os genótipos P11 e P12 foram os genótipos que apresentaram a coloração da casca mais clara, bem como foram aqueles que apresentaram menores conteúdos de clorofila total entre todos os estádios de maturação avaliados.

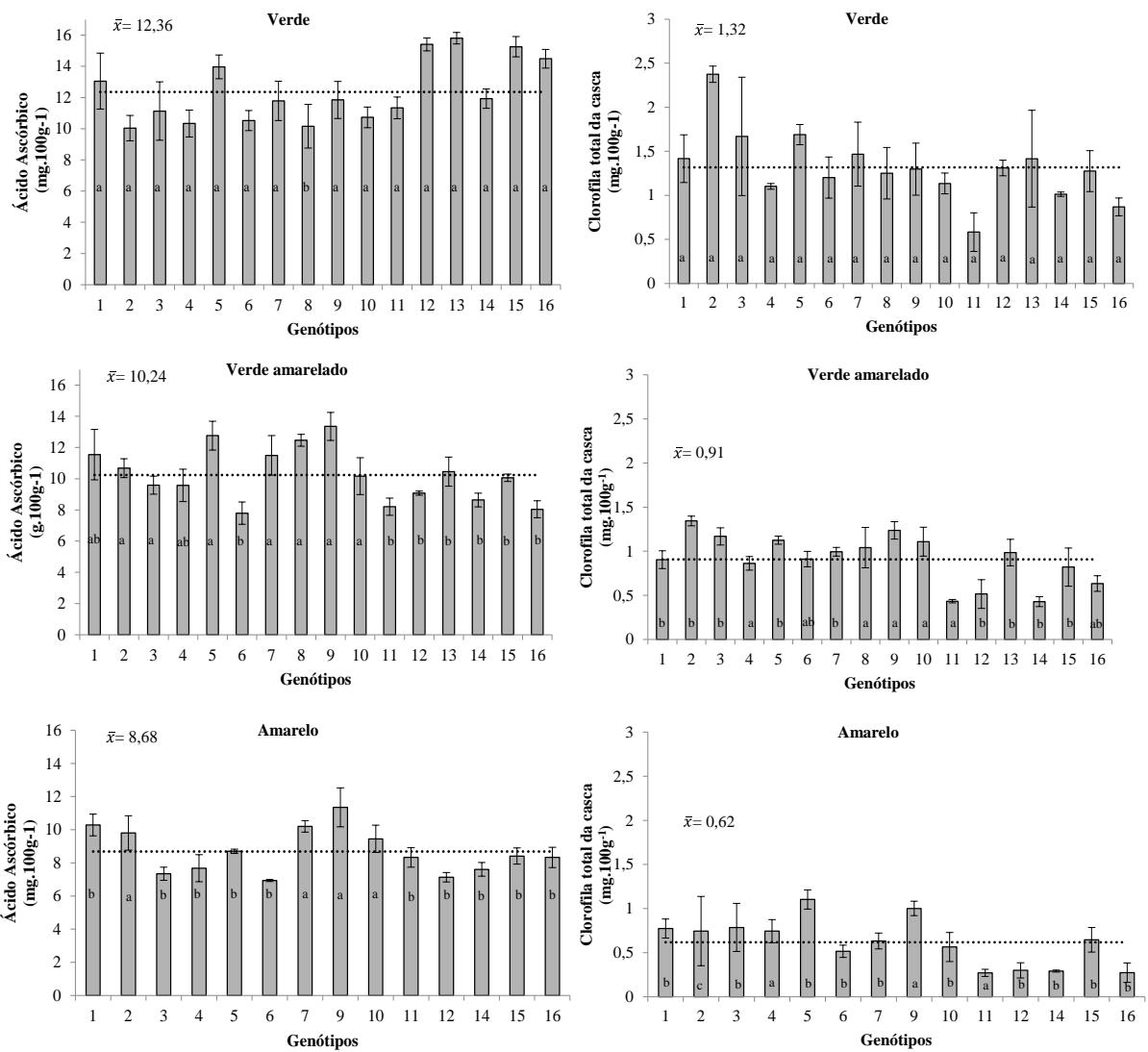


Figura 2: Ácido ascórbico e Clorofila total da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.3. Flavonoides amarelos

O conteúdo de flavonoides amarelos (Figura 3), da polpa decresceu com o avanço da maturação para a maioria dos genótipos, apenas o genótipo P4 aumentou variando de 0,69 mg.100g⁻¹ a 0,87 mg.100g⁻¹ de flavonoides na polpa, porém não diferiu entre os estádios. Gondim (2012) reportou conteúdo de Flavonoides de 1,21 a 4,90 mg.100g⁻¹ em polpa de diferentes genótipos de umbu. Dantas Júnior (2008) reportou 24,42 mg.100g⁻¹ de flavonoides amarelos na polpa de 32 genótipos de umbu.

Em umbu, a casca possui conteúdo de flavonoides superiores aos de polpa; a média geral no estádio verde foi de 7,9 mg.100g⁻¹ e no estádio amarelo 6,9 mg.100g⁻¹. Os maiores conteúdos foram de 14,32 e 15,40 mg.100g⁻¹ para os genótipos P8 e P13, respectivamente. Rufino et al.(2010) reportaram 6,9 mg.100g⁻¹ de flavonoides amarelos para polpa de umbu processada junto com a casca.

Os Flavonoides são compostos não nutritivos que apresentam atividade antioxidante, anti-mutagênica e anti-cancerígena em diferentes sistemas (ANDERSON et al. 2000). Estes compreendem uma importante classe de pigmentos naturais encontrados com grande frequência na natureza, somente nos vegetais (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

Os frutos apresentam variação na composição de flavonoides devido a diferentes fatores como variedades, cultivares e partes dos frutos. A composição também é dependente do grau de incidência de luminosidade, uma vez que a formação dos flavonoides é influenciada pela luz (BARBOSA, 2010).

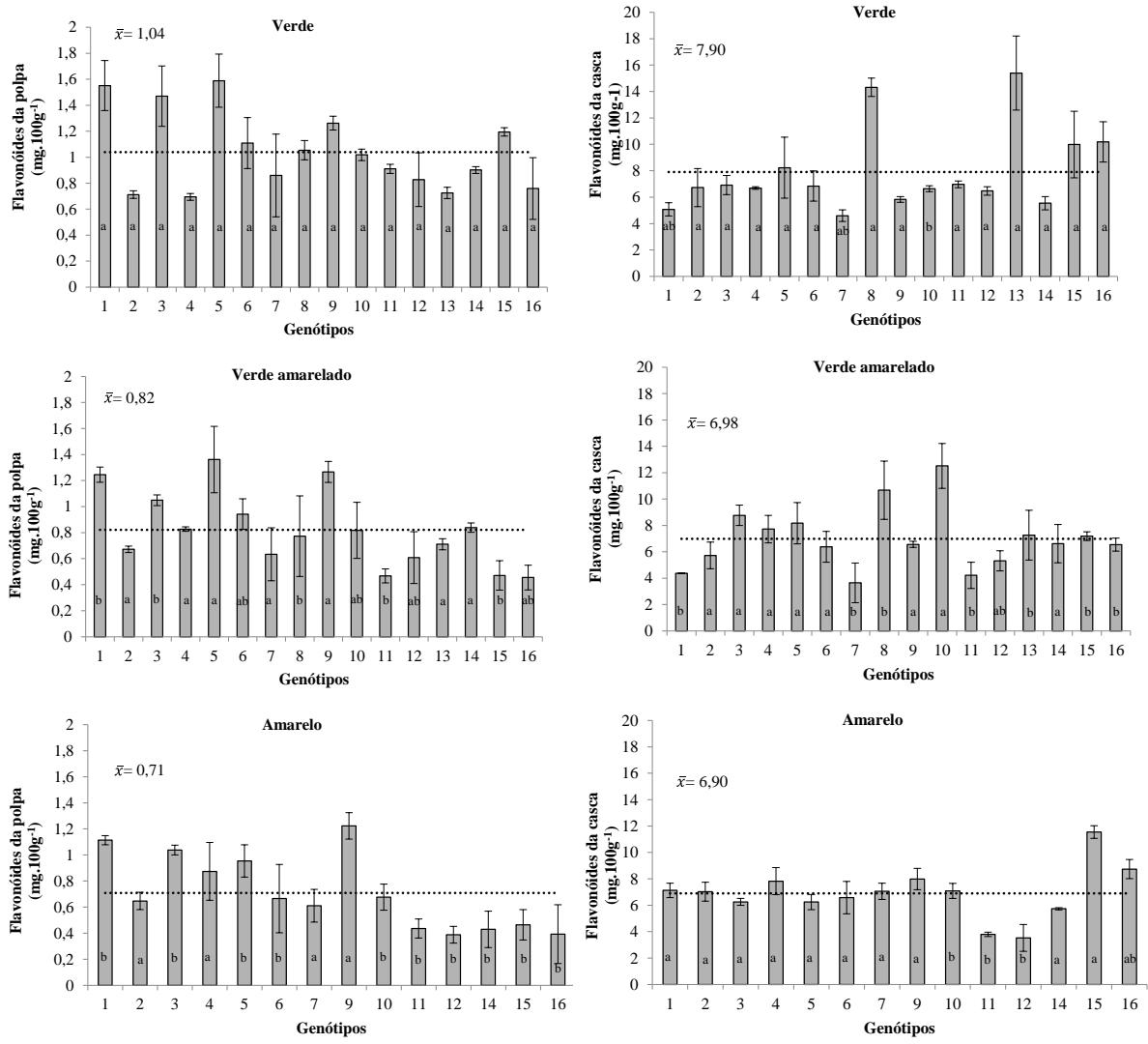


Figura 3: Flavonoides amarelos da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.4. Carotenoides

O conteúdo de carotenoides (Figura 4), em geral aumentou no decorrer da maturação tanto na casca como na polpa. Comportamento semelhante foi relatado por Lopes (2007) e Melo e Andrade (2010) frutos de umbuzeiro durante a maturação. Este acréscimo gradativo de carotenoides durante a maturação é biossíntese paralela a degradação da clorofila.

Os maiores conteúdos na polpa foram para o genótipo P10 que apresentou 1,01; 1,00 e 2,57 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ polpa nos estádios verde, verde amarelado e amarelo. Na casca destacaram-se os genótipos P4 e P6 no estádio Verde com 1,16 e 1,09 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ polpa, respectivamente; P4 e P9 no estádio verde amarelado com 1,45 e 1,46 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectivamente e P9 e P10 no estádio amarelo com 1,74 e 1,85 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectivamente. Esses conteúdos foram inferiores aos reportados por Lopes (2007) com 2,62 e 3,82 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em quatro estádios de maturação de umbu.

Melo e Andrade (2010) encontraram conteúdos variando de 3,02 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ em umbu maduro e 1,70 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ em umbu semi maduro. Gondim (2012) estudando compostos bioativos em frutos do umbuzeiro reportaram carotenoides variando 1,00 a 5,16 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$.

Além de conferir ao fruto a coloração característica, os carotenoides apresentam importância na alimentação humana, por fazer parte do sistema de defesa antioxidante, atuando na captura de radicais livres produzidos em excesso no nosso organismo (PALIYATH e MURR, 2008).

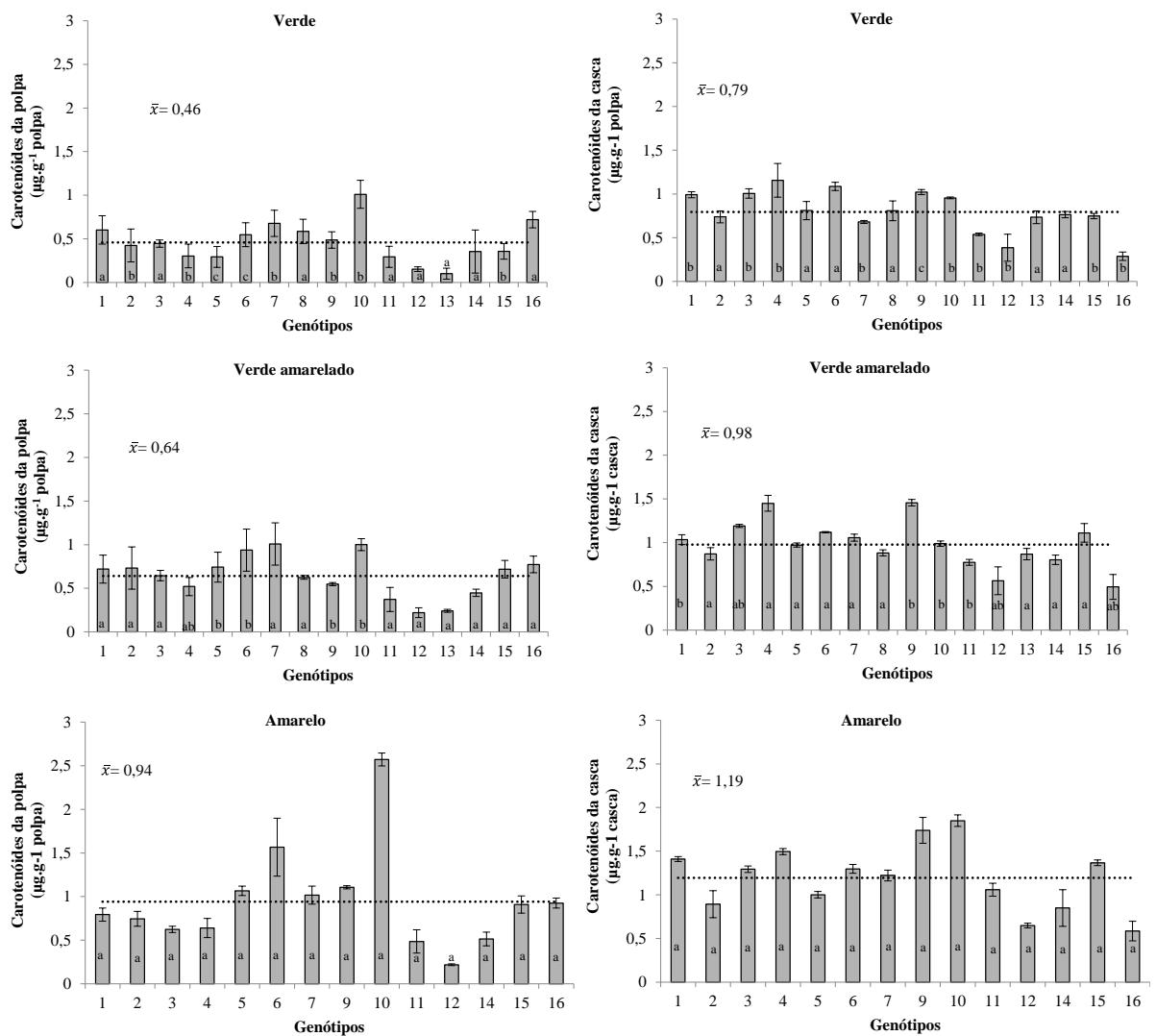


Figura 4: Carotenoides extraíveis totais da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.5 Atividade Antioxidante (AAT) pelo radical ABTS

A atividade antioxidante tanto da casca como da polpa dos frutos do umbuzeiro diminuem com o decorrer da maturação (Figura 5). Na polpa a atividade antioxidante foi maior em P8 no estádio verde, com o valor de 6,13 µM de Trolox.g⁻¹ polpa, que diferiu dos demais genótipos. A AAT neste estádio de maturação foi de 3,27 µM de Trolox.g⁻¹ polpa. No estádio verde amarelado, destacaram-se os genótipos P3 e P13 com 4,64 e 4,69 µM de Trolox.g⁻¹ polpa, respectivamente. Rufino et al.(2010) encontraram na matéria fresca de umbu 6,3 µM de Trolox.g⁻¹ polpa, em casca e polpa dos frutos juntos. Almeida et al. (2011) reportou 1,07 µM de Trolox.g⁻¹ polpa.

A casca apresentou o maior valor de AAT no genótipo P11 (87,37 µM de Trolox.g⁻¹ casca) também no estádio verde, que diferiu dos demais genótipos avaliados. Os genótipos P2, P3, P8, P13, P15 e P16 também apresentaram elevada atividade antioxidante no estádio verde com 60,68; 48,13; 46,49; 45,42; 48,32 e 50,32 µM de Trolox.g⁻¹ casca, respectivamente. No estádio verde amarelado foram P8 e P16 que apresentaram os valores mais altos (50,47 e 52,32 µM de Trolox.g⁻¹ casca, respectivamente). Este último (P16), também foi o que se destacou no estádio amarelo com 42,08 µM de Trolox.g⁻¹ casca. Omena et al. (2012) avaliando a atividade antioxidante e citotóxica de casca, polpa e sementes de umbu, encontrou 0,53; 0,22 e 2,18 mmol Trolox.g⁻¹, respectivamente.

Diante dos resultados verifica-se que a casca dos frutos do umbuzeiro é uma fonte considerável de antioxidantes em todos os estádios de maturação avaliados. Portanto recomenda-se sua utilização no enriquecimento de produtos industrializados como também para o consumo fresco juntamente com a polpa.

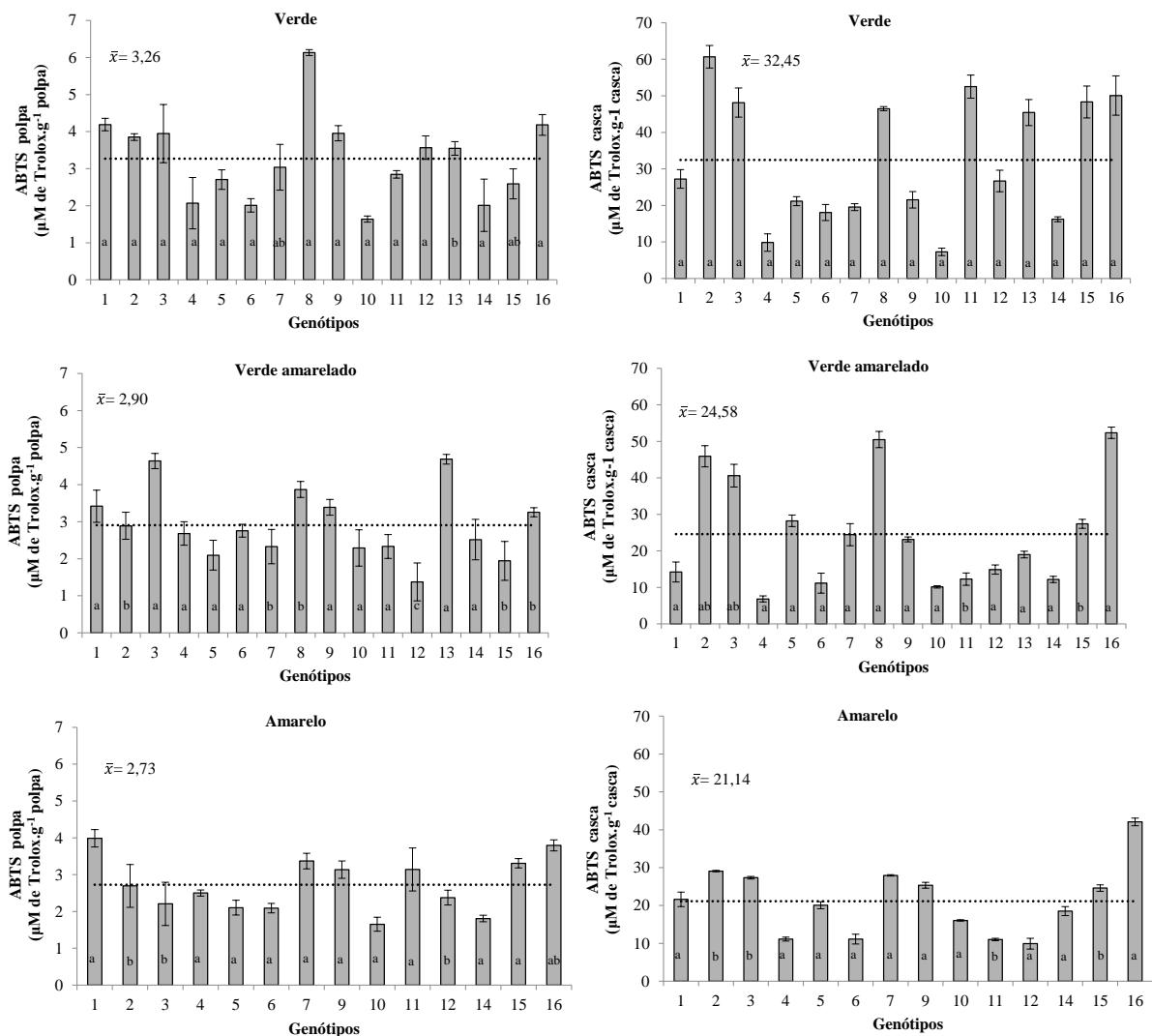


Figura 5: Atividade Antioxidante Total pelo método do radical ABTS da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.5 Atividade Antioxidante AAT pelo radical DPPH

A atividade antioxidante durante a maturação pelo método do DPPH (Figura 6) na casca foi superior a da polpa do umbu, conforme também observado pelo método do ABTS. Com o decorrer da maturação tanto a casca quanto a polpa vão reduzindo gradativamente seu poder antioxidante. Porém, na polpa, a maioria dos genótipos não diferiram quanto a ATT, enquanto na casca essa diferença foi observada na maioria dos genótipos. Diversos fatores de pré e pós-colheita podem influenciar na atividade antioxidante dos frutos, dentre elas o grau de maturação (WANG, 2006).

Na polpa os maiores valores e, portanto menores AAT foram observadas para o genótipo P10 (4381,20; 4233,44 e 4233,44 g Polpa.gDPPH⁻¹) nos estádios verde, verde amarelado e amarelo, respectivamente sendo este, portanto, o genótipo com menor potencial antioxidante entre os genótipos avaliados. E os menores valores e, portanto maiores atividade antioxidantes, foram encontrados para os genótipos P1, P2, P3, P8, P13 e P16 no estádio verde; P1, P2, P3, P13 e P16 no estádio verde amarelado e P1, P2, P7, P11, P15 e P16 no estádio amarelo.

Na casca de umbu observou-se que o genótipo P16 foi o que presentou o menor valor (91,79) e, portanto, maior potencial em relação aos demais. Na polpa, este foi também o genótipo que também se destacou em relação a atividade antioxidante, podendo ser esta, uma matriz que pode ser útil no melhoramento genético dessa espécie.

Rufino et al.(2010) relataram valores médios de 7074 e 933 EC50 (g.gDPPH⁻¹) em matéria fresca e seca de umbu, respectivamente, bem superiores aos deste trabalho. De acordo com Melo; Andrade (2010) a polpa de frutos de umbuzeiro possui pouca capacidade antioxidante, uma vez que o percentual de sequestro do radical livre foi inferior a 60%. Com relação a casca de umbu desidratadas o mesmo autor afirmou que possui uma forte capacidade de sequestro do radical DPPH, visto que esta é superior a 80% após 30 minutos de reação.

As características genotípicas e fatores ambientais como local, período de coleta, tipo de solo, além da pós-colheita podem afetar a biossíntese dos antioxidantes produzidos(OLIVEIRA et al., 2009).

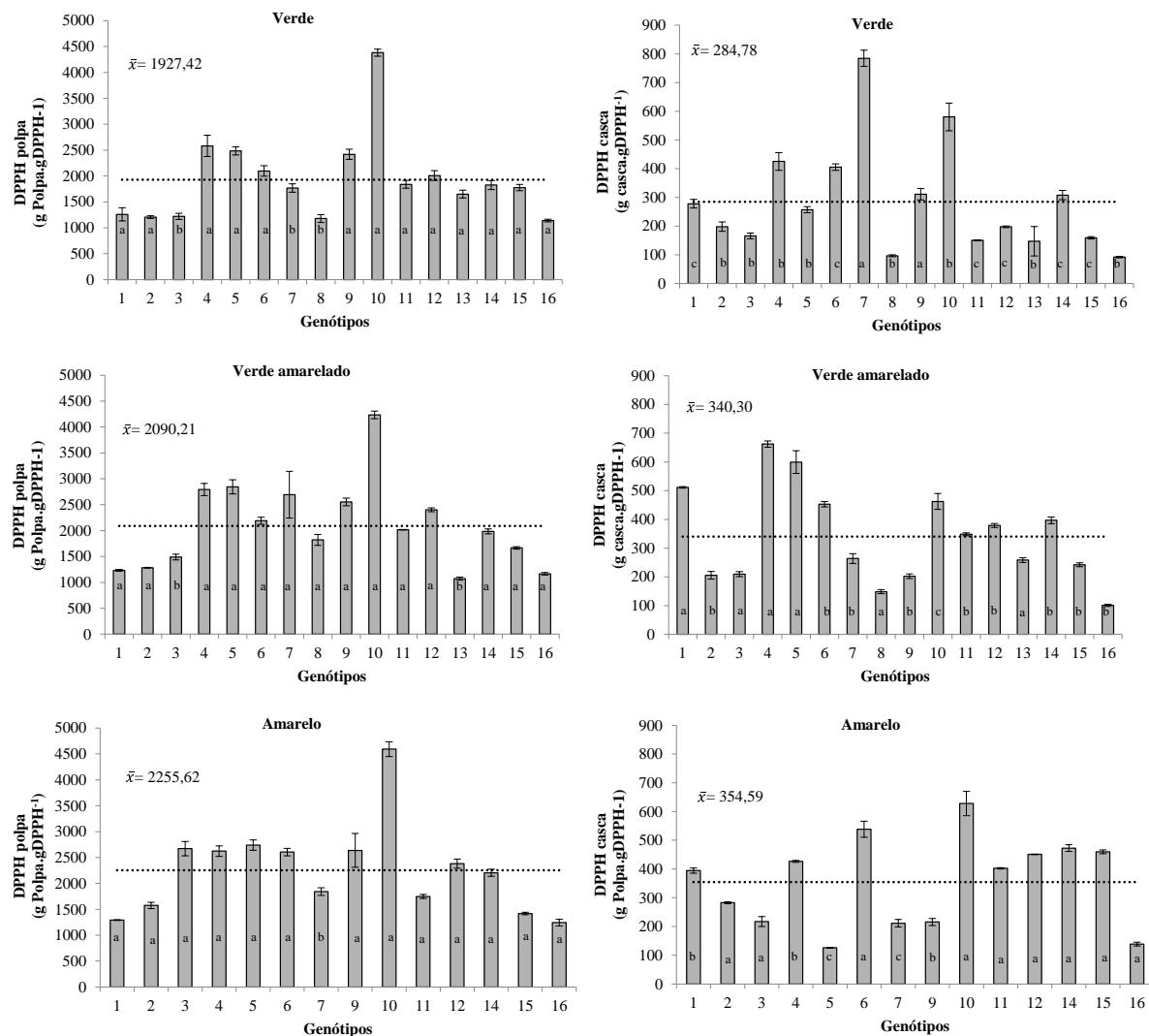


Figura 6: Atividade Antioxidante Total pelo método do DPPH da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde, Verde amarelo e amarelo oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

As barras verticais representam o desvio padrão das médias, a linha pontilhada na horizontal a média geral e as letras minúsculas comparação entre estádios de maturação. Colunas seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de maturação pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

3.6 Análise Multivariada

3.6.1 Componentes principais e análise de cluster no estádio de maturação verde

A análise de componentes principais foi utilizada para resumir as características dos compostos bioativos e a atividade antioxidante dos genótipos do umbuzeiro durante a maturação. Para isso, os estádios de maturação foram analisados separadamente a fim de se identificar quais características intrínsecas de qualidade respondem pela variabilidade apresentada entre os genótipos.

A tabela 1 mostra os scores das variáveis responsáveis pelos compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos do umbuzeiro que foram analisadas no estádio verde. Foi possível identificar 69% da variabilidade dos dados nos três primeiros componentes principais. O primeiro componente principal (CP1) foi composto pelos parâmetros polifenóis, flavonoides da casca e pela atividade antioxidante, os quais apresentaram correlação de moderada a alta, sendo responsáveis pela explicação de 40,88 % da diferença entre os 16 genótipos. Isto significa que estas características são as mais importantes para a discriminação dos dados e que estes compostos bioativos contribuem para a atividade antioxidante deste fruto. O segundo (CP2) e o terceiro (CP3) componentes principais foram responsáveis por explicar 17,45% e 11% respectivamente, da variação total das características originais.

Tabela 1: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Variáveis	CP 1	CP 2	CP 3
VC	0,171	-0,439	0,358
PETp	0,328	0,435	-0,164
PETc	0,422	-0,093	-0,109
CLOROF	0,028	0,334	0,413
CAROp	-0,159	0,285	-0,543
CAROc	-0,256	0,365	0,261
FLAVp	-0,047	0,336	0,476
FLAVc	0,301	-0,122	-0,020
ABTSp	0,347	0,345	-0,085
ABTSc	0,339	-0,036	-0,120
DPPH_p	-0,357	-0,180	-0,074
DPPH_c	-0,371	0,049	-0,213

VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratáveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratáveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPH_p: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPHc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH.

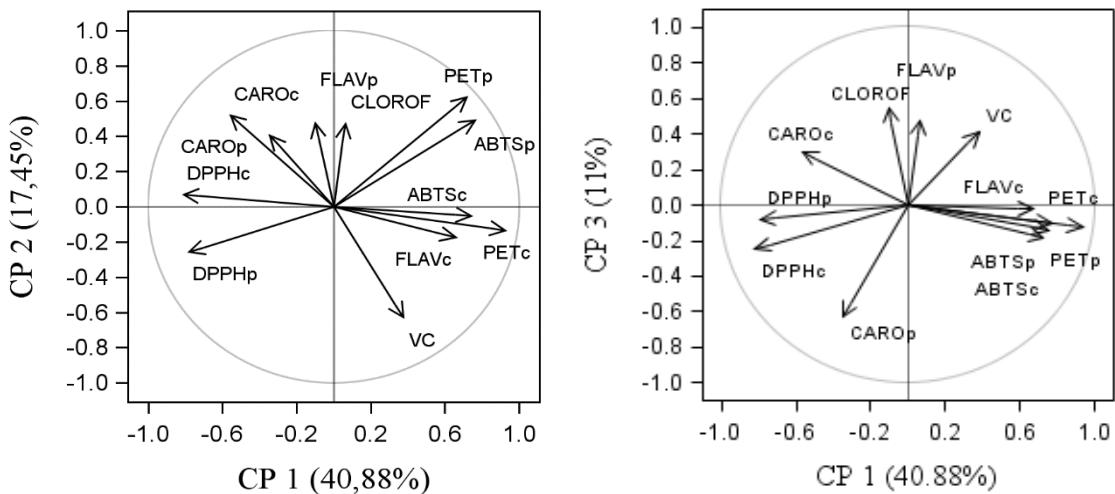


Figura 7: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratáveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratáveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPHp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPHc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH.

Por meio da matriz de correlação das variáveis (Figura 8) foi possível observar a formação de 3 grupos por similaridade entre os genótipos no estádio verde. Os genótipos que formaram o grupo 1 (G1) foram: P11, P12, P13, P15 e P16, que se uniram por apresentarem conteúdo de carotenoides inferior aos demais. O grupo 2 (G2) foi formado pelos genótipos P1, P2, P3, P5, P8 e P9 e estes agruparam-se por apresentarem um maior conteúdo de Polifenóis extraíveis totais e maior atividade antioxidante que os demais genótipos avaliados neste estudo. Embora o genótipo 16 também tenha um grande conteúdo de polifenóis e uma alta atividade antioxidante não agrupou-se no Grupo 2 (G2) por conta da seu baixo conteúdo de carotenoides na casca.

O grupo 3 (G3) foi formado pelos genótipos P4, P6, P7, P10 e P14, Estes têm em comum uma atividade antioxidante menor que os demais genótipos.

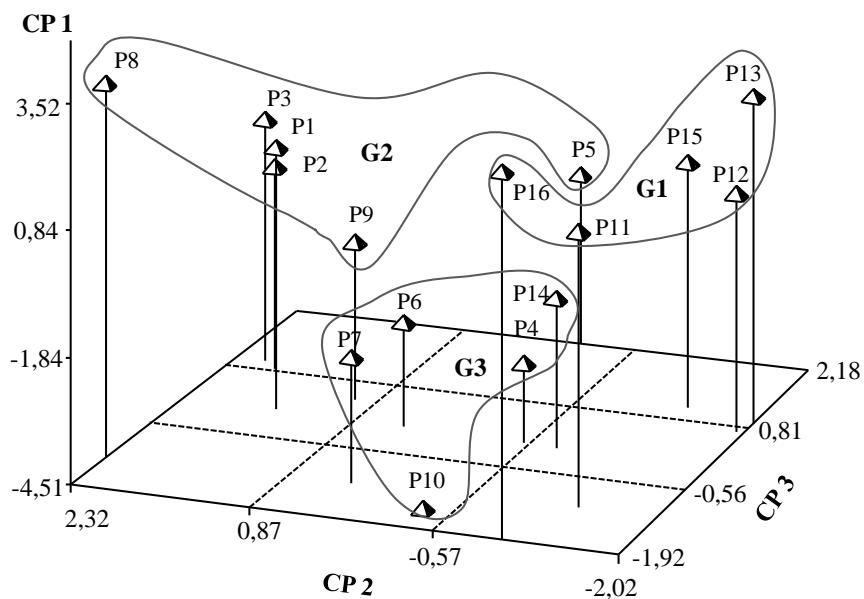


Figura 8: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação verde, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3. G: grupos; P= genótipos.

3.6.2 Componentes principais e análise de cluster no estádio de maturação verde amarelado

Aplicando a análise de componentes principais nos dados referentes aos frutos de umbuzeiro colhidos no estádio verde amarelado (Figura 9); notou-se que três componentes foram responsáveis por uma variância acumulada de 73%.

O componente principal 1 (CP1) (Tabela 2) foi composto pelos polifenóis extraíveis totais (PET) e pela atividade antioxidante e foi responsável por 33,3% da variabilidade entre os genótipos; o CP2 responsável por 25,89% da variabilidade e foi formado pelo conteúdo de Ácido ascórbico (VC), clorofila total, carotenoides da casca (CAROc) e flavonoides amarelos da polpa (FLAVp). E no CP3 a variabilidade foi de 13,76% composto pelos polifenóis, Carotenoides da polpa (CAROp), AAT pelo ABTS da polpa (ABTSp) e antioxidantes pelo DPPH da polpa (DPPHp).

Tabela 2: Auto vetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Variáveis	CP1	CP2	CP3
VC	0,035094	0,429779	0,037378
PETp	0,410073	0,046004	-0,31852
PETc	0,404823	0,023443	0,351923
CLOROF	0,107727	0,50723	0,04191
CAROp	-0,02089	0,254054	0,446803
CAROc	-0,16702	0,395557	-0,25608
FLAVp	-0,12959	0,414946	-0,22881
FLAVc	-0,0013	0,274272	0,234746
ABTSp	0,32787	0,217835	-0,41088
ABTSc	0,427609	0,096453	0,283105
DPPH _p	-0,37662	0,164766	0,353702
DPPH _c	-0,42167	0,055001	-0,15749

VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratráveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratráveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPH_p: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPH_c: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH.

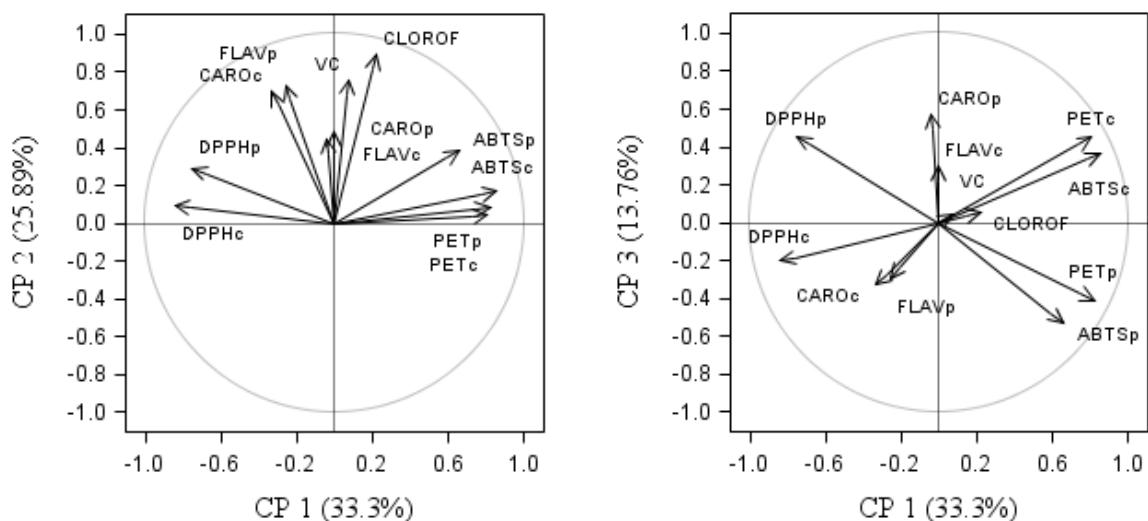


Figura 9: Círculo de autovetores de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação verde amarelado oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco. VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratráveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratráveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPH_p: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPH_c: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH.

Na matriz de correlação (Figura 10) observa-se que os 16 genótipos avaliados no estádio de maturação verde amarelado agruparam-se por similaridade formando três grupos. Integram o grupo 1 (G1) os genótipos P11, P12 e P14 que agruparam-se por possuir conteúdo de ácido ascórbico, clorofila total da casca e atividade antioxidante da casca superiores.

O grupo 2 (G2) é composto pelos genótipos P2, P3, P8, P13 E P16; estes formaram um mesmo grupo devido à similaridade nos valores de carotenoides da polpa e da casca, embora o P13 possua uma quantidade inferior na polpa. Na casca P13 apresentou valor semelhante a maioria dos genótipos do seu grupo. Ao contrário ocorre com o genótipo 16 que apresentou conteúdo semelhante aos demais de seu grupo (com exceção do 13) na polpa, porém na casca apresenta valor inferior. Outra variável que justifica a formação deste grupo é a semelhança no conteúdo de ácido ascórbico.

Os genótipos P1, P4, P5, P6, P7, P9, P10 e P15 integram o grupo 3 (G3) que possuem semelhança nos valores da atividade antioxidante, tanto da polpa quanto da casca, determinada pelo método do ABTS.

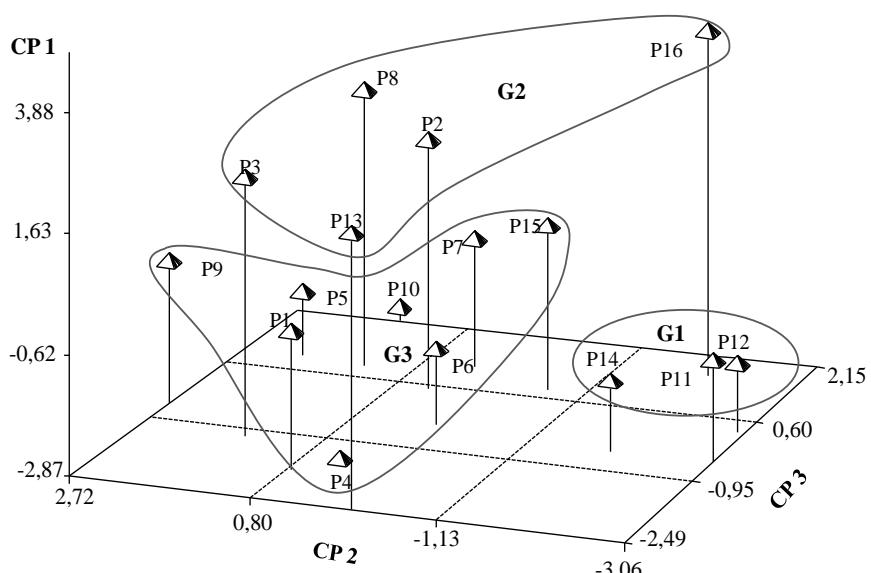


Figura 10: Dispersão dos genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação verde amarelado, com base nos scores de três componentes principais CP1, CP2 e CP3. G: grupos; P= genótipos.

3.6.2 Componentes principais e análise de cluster no estádio de maturação amarelo

No estádio amarelo foram analisados apenas 14 genótipos; e para explicar a variabilidade destes genótipos, dois componentes principais foram suficientes, apresentando um cumulativo de 67% (Tabela 3).

O componente principal (figura 11) foi composto mais uma vez pelos polifenóis e pela atividade antioxidante e este explicou 39.77% da variabilidade. No CP2 as variedades que explicaram 27, 08 % da variabilidade entre os genótipos foram ácido ascórbico (VC), clorofila, carotenoides da polpa e casca e flavonoides da polpa.

Os flavonoides amarelos da casca, não estiveram compondo nenhum dos componentes por apresentar autovetores muito baixos. Dessa forma, tais variáveis não se apresentam importantes para explicar a variabilidade dos genótipos de umbu nos estádios de maturação verde amarelado e amarelo.

Os genótipos avaliados formaram 2 grupos, no grupo 1 (G1) encontram-se o P1, P2, P7, P9, P15 e P16 que se agruparam por possuir uma maior atividade antioxidante na polpa. Outra característica similar entre estes genótipos é um baixo aporte de carotenoides na polpa em relação aos demais.

E o grupo 2 (G2) foi composto pelos genótipos P3, P4, P5, P6, P10, P11, P12 e P14; os quais têm em comum um aporte menor de ácido ascórbico, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante, em relação aos demais genótipos.

Tabela 3: Autovetores em dois componentes principais (CP1, CP2), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos no estádio de maturação amarelo oriundos dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

Variáveis	CP1	CP2
VC	0,210222	0,352428
PETp	0,383622	-0,02992
PETc	0,433993	0,006892
CLOROF	0,069019	0,45052
CAROp	-0,14089	0,344646
CAROc	-0,10857	0,472313
FLAVp	0,035403	0,443752
FLAVc	0,230204	0,237255
ABTSp	0,397875	-0,02377
ABTSc	0,376702	0,056299
DPPH _p	-0,3548	0,266036
DPPH _c	-0,32179	-0,04803

VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratáveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratáveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPH_p: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPH_c: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH.

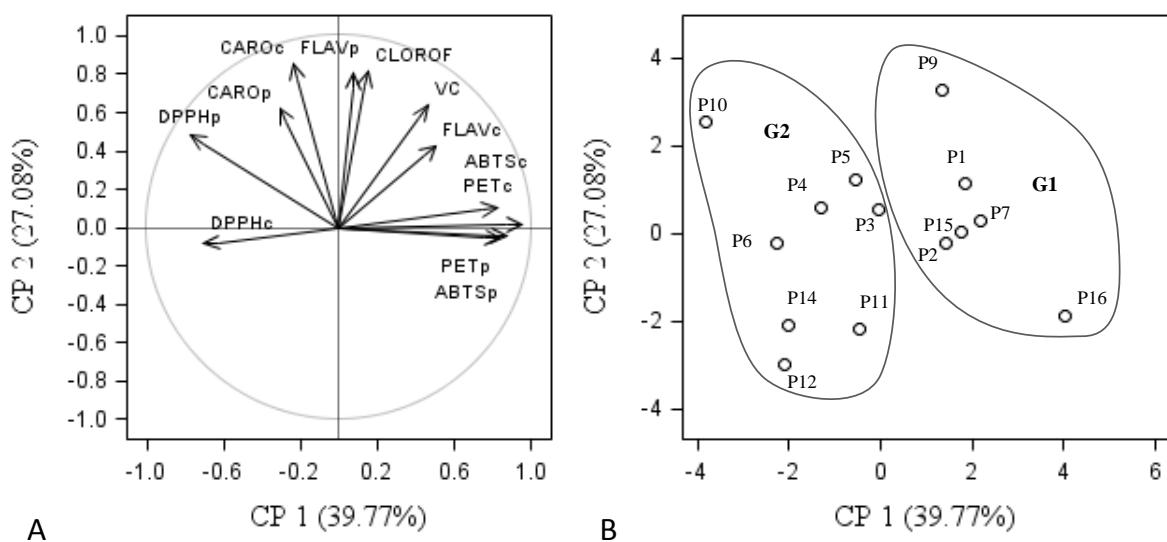


Figura 11: Círculo de autovetores (A) e gráfico de dispersão (B) dos genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) avaliados no estádio de maturação amarelo

VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratáveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratáveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPH_p: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPH_c: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH.

No dendograma de dissimilaridade dos genótipos em cada estádio de maturação avaliados (Figura 12), os genótipos agrupam-se pela maior proximidade entre eles em relação a presença de compostos bioativos e da capacidade antioxidante. Este apresenta agrupamento similar ao realizado com base na matriz de covariância dos componentes principais.

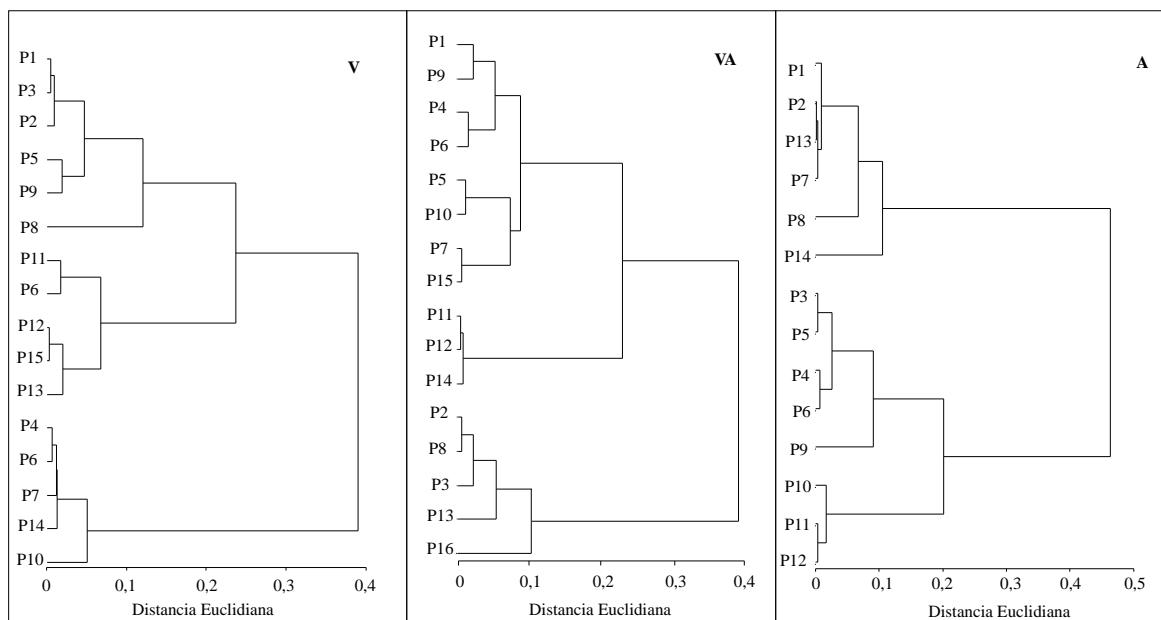


Figura 12: Dendograma de dissimilaridade entre genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) avaliados através da Análise de Cluster pelo método Ward's, com base nos compostos bioativos e na capacidade antioxidante, dentro de cada estádio de maturação. V = Verde; VA = Verde Amarelado e A = Amarelo.

3.6.3. Correlação de Pearson

Tanto na casca quanto na polpa os genótipos do umbuzeiro apresentaram variabilidade elevada durante a maturação, levando-se em consideração as características avaliadas neste estudo, como ficou demonstrado na análise multivariada. Os genótipos do umbuzeiro apresentaram correlação de baixa a forte em relação às características mostradas na Tabela 10.

Os polifenóis extraíveis totais da polpa e da casca apresentaram uma forte e moderada correlação com a atividade antioxidante da polpa e da casca, respectivamente a nível de 0,1% de probabilidade. Esta correlação foi positiva no caso da AAT pelo ABTS e negativa pelo DPPH. Isso ocorreu porque a unidade de medida do método do ABTS é μM de Trolox. g^{-1} do material analisado e a do DPPH g DPPH^{-1} . Entretanto este resultado demonstra que enquanto maior a quantidade de polifenóis neste fruto maior será também, a sua atividade antioxidante. Portanto, os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante nos frutos de umbuzeiro.

Diversas pesquisas vêm verificando uma correlação direta entre a atividade antioxidante total e os compostos fenólicos, sendo estes considerados os mais representativos entre as substâncias bioativas com essa atividade (GONDIM, 2012; Dantas Júnior, 2008; PEREIRA, 2011). Rufino (2008) ao analisar a correlação entre os compostos bioativos e atividade antioxidante total pelo ABTS de dezoito frutas tropicais, obteve correlações positivas e significativas, para o teor de vitamina C (0,70**) e para o conteúdo de compostos fenólicos (0,92**).

Apesar do ácido ascórbico e dos flavonoides terem exercido correlação fraca e moderada, respectivamente, com a atividade antioxidante, exercearam uma correlação positiva a nível de 0,1% de probabilidade. Isso demonstra que apesar de não ser tão expressivo quanto os polifenóis, estes fitoquímicos também auxiliam no aporte do potencial antioxidante dos frutos do umbuzeiro.

Tabela 4: Correlação de Pearson entre compostos bioativos e atividade antioxidante total da polpa e da casca, dos frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos nos estádios de maturação Verde (V), Verde amarelado (VA) e amarelo (A) oriundos dos estados da Paraíba e Pernambuco.

	VC	PETp	PETc	CLOROF	CAROp	CAROc	FLAVp	FLAVc	ABTSp	ABTSc	DPPH _p
PETp	0.13068 ^{ns}										
PETc	0.40467***	0.58477***									
CLORF	0.51980***	0.26244**	0.18893*								
CAROp	-0.27589***	-0.15940 ^{ns}	-0.19413*	-0.20585*							
CAROc	-0.24300**	-0.19713*	-0.43436***	-0.05732 ^{ns}	0.52542***						
FLAVp	0.41255***	0.09205 ^{ns}	0.01188 ^{ns}	0.49493***	-0.08607 ^{ns}	0.19050*					
FLAVc	0.28905***	0.24963**	0.46879***	0.21148*	-0.00267 ^{ns}	-0.00340 ^{ns}	0.06626 ^{ns}				
ABTSp	0.23715**	0.83222***	0.53849***	0.27403**	-0.19457*	-0.12179 ^{ns}	0.19409*	0.33554***			
ABTSc	0.26790**	0.46568***	0.69247***	0.24693**	-0.15927 ^{ns}	-0.35301***	0.04009 ^{ns}	0.30827***	0.38851***		
DPPH_p	-0.09792 ^{ns}	-0.7059***	-0.52362***	-0.09772 ^{ns}	0.44366***	0.38236***	0.06771 ^{ns}	-0.03902 ^{ns}	-0.5672***	-0.4302***	
DPPHc	-0.26299**	-0.4839***	-0.69790***	-0.19124*	0.28715***	0.33254***	-0.04747 ^{ns}	-0.26618**	-0.4510***	-0.6142***	0.48288***

VC: Ácido Ascórbico; PETp: polifenóis extratáveis totais da polpa; PETc: polifenóis extratáveis totais da casca; CLOROF: Clorofila total da casca; CAROp: carotenoides totais da polpa; CAROc: carotenoides totais da casca; FLAVp: flavonoides amarelos da polpa; FLAVc: flavonoides amarelos da casca; ABTSp: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical ABTS; ABTSc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical ABTS; DPPH_p: atividade antioxidante total da polpa pelo método do radical DPPH; DPPHc: atividade antioxidante total da casca pelo método do radical DPPH;

(*) Indica probabilidade de erro ≤ 5%, (**) Indica probabilidade de erro ≤ 1%, (***) Indica probabilidade de erro ≤ 0,1%.

4. CONCLUSÕES

Os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante tanto na polpa como na casca dos frutos de umbuzeiro;

A casca dos frutos de umbuzeiro possui um aporte fitoquímico e uma atividade antioxidante em média 5 e 15 vezes maior que a polpa, respectivamente;

A atividade antioxidante tanto da polpa quanto da casca dos frutos do umbuzeiro diminui com o avanço da maturação;

Os genótipos P1, P8 e P16 são os que possuem maior conteúdo de polifenóis e maior atividade antioxidante durante a maturação.

5. REFERENCIAS

- ANDERSON, R. F.; AMARASINGHE, C.; FISHER, L.J.; MAK, W.B.; PACKER, J.E. Reduction in freeradical- induced DNA strand breaks and base damage through fast chemical repair by flavonoids. **Free Radic. Res.**, v.33, n.3, p.91-103, 2000.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155–2159, ago. 2011.
- BARBOSA, M. M. **Obtenção de Carotenoides e Flavonoides a partir do bagaço do pedúnculo do Caju por maceração enzimática**. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2010.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed., São Paulo: Varela, p. 103-118, 2001.
- CAMPOS, C. D. O. **FRUTOS DE UMBUZEIRO (Spondias tuberosa Arruda): CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE SEU DESENVOLVIMENTO E NAPÓS-COLHEITA**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho,” 2007.
- CARVALHO, V. C. de. **Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical Semi-aride: la Caatinga de Quixaba (Pernambuco, Brésil) duterrain a l'analyse des donnees MSS/Landsat**. 1986. 332 f. These (Doctoract) – Université de Toulouse – Le Mirail, Toulouse.
- CERQUEIRA, T.S. **Recobrimentos comestíveis em goiabas cv. "Kumagai"**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007
- CHINA, R. et al. In vitro Antioxidant Activity of Different Cultivars of Banana Flower (*Musa paradicus* L.) Extracts Available in India. **Journal of Food Science**, v.76, n.9, p.1292-1299, 2011.
- CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL. 785p.
- DANTAS JÚNIOR, O. R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do Semi-Árido nordestino**. Areia, PB: UFPB, 2008. 90p, Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, 2008.
- DEGÁSPARI, C. H. **Propriedades Antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (Schinus terebinthfolius RADDI)**. Curitiba, PR: Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2004.
- DIXON, R.A.; PAIVA, N.I. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, Rockville, v.7, p.1085-1097, 1995.
- FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3**. 2007.
- FERREIRA, F. R.; Ferreira, S. A. N; Carvalho, J. E.U. **Espécies frutíferas pouco exploradas, com potencial econômico e social para o Brasil**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.9, n.1, p.11-12, 1987.

GONDIM, P. J. S. IDENTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES E QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DO GÊNERO Spondias. Areia, PB: UFPB/CCA, 2012. 119p Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, 2012.

GONZÁLEZ-MONTELONGO, R.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds, **Food Chemistry**, v. 119, p. 1030 - 1039, 2010.

LOPES, M. Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). João Pessoa. CT/UFPB, 2007. 123p (Doctoral dissertation, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

MANELA-AZULAY, M. A. M.-L. M. DE A. P. A. L. F. T. C. Vitamina C. **An Bras. Dermatologia**, v. 78, n. 3, p. 265–274, 2003.

MARIOD, B. A., IBRAHIM, R. M., ISMAIL, M., ISMAIL, N. Antioxidant activities of phenolic rich fractions (PRFs) obtained from black mahlab (*Monechma ciliatum*) and white mahlab (*Prunus mahaleb*) seedcakes. **Food Chemistry**, v. 118, p. 120–127, 2009.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. D. S. Compostos Bioativos E Potencial Antioxidante De Frutos Do Umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, p. 453–457, 2010.

Mendes, B. V. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108p.

OLIVEIRA, A. C. D., Valentim, I. B., Goulart, M. O. F., Silva, C. A., Bechara, E. J. H., & Trevisan, M. T. S. (2009). Vegetals as natural sources of antioxidants. **Química Nova**, 32(3), 689-702.

OMENA, C. M. B., Valentim, I. B., Guedes, G. D. S., Rabelo, L. A., Mano, C. M., Bechara, E. J. H., ... & Goulart, M. O. F. (2012). Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits: antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, 49(1), 334-344.

PALIYATH, G.; MURR, D. P. Biochemistry of Fruits. In: PALIYATH, G.; MURR, D. P.; HANNA, A. K.; LURIE, S. (eds) **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables and Flower**. Wiley-Blackwell Publishing, cap 3, p. 19-50, 2008.

PEREIRA, G. P. Compostos Bioativos e atividade antioxidante em Bananas (Musa sp.). UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO,” 2011.

REDDY, C. V. K.; SREERAMULU, D.; RAGHUNATH, M. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India, **Food Research International**, v. 43, p. 285 - 288, 2010.

RUFINO, M.S.M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food chemistry**, 121(4), 996-1002.

RUFINO, M.S.M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais.** Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró (RN): 2008. 237f.:il.

SCALBERT A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. **Am J Clin Nutr** 81: 215 - 217.

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

SOUZA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JÚNIOR, 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. 351-357, 2007.

SOUTINHO, S., Gonçalves, F., Jordão, A., & Guiné, R. Evolução dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante durante a maturação de frutos vermelhos (framboesa, groselha e mirtilo) de produção biológica Evolution of phenols and antioxidant capacity during maturation of red fruits. In: **VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y ciencias hortícolas**, Madrid, 2013.

TIBURSKI, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., de Oliveira Godoy, R. L., & Pacheco, S. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, 44(7), 2326-2331.

Wang, S. Y. (2006, August). Effect of pre-harvest conditions on antioxidant capacity in fruits. In **IV International Conference on Managing Quality in Chains-The Integrated View on Fruits and Vegetables Quality 712** (pp. 299-306).

CONCLUSÕES GERAIS

Os frutos de Brejo da Madre de Deus, Pernambuco possuem maior tamanho, maior massa fresca, coloração da casca mais clara quando verde e amarela mais intensa, quando maduros, do que os de Casserengue, Paraíba;

Dos 16 genótipos avaliados, 9 se adequam ao consumo fresco quando colhidos nos estádios de maturação verde amarelado e amarelo por apresentarem teor de acidez mais baixo e os 7 se adequam ao processamento.

Os sólidos solúveis e a relação de sólidos SS/AT de todos os genótipos avaliados são superiores ao estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade para a comercialização de polpa umbu.

Os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante tanto na polpa como na casca dos frutos de umbuzeiro;

A casca dos frutos de umbuzeiro possui um aporte fitoquímico e uma atividade antioxidante em média 5 e 15 vezes maior que a polpa, respectivamente;

A atividade antioxidante e os Polifenóis extraíveis totais tanto da polpa quanto da casca dos frutos do umbuzeiro diminuem com o avanço da maturação;

Os genótipos P1, P8 e P16 são os que possuem maior conteúdo de polifenóis e maior atividade antioxidante durante a maturação.

ANEXOS

G E N	Estádios de maturação			G E N	Estádios de maturação		
	V	VA	A		V	VA	A
1				9			
2				10			
3				11			
4				12			
5				13			
6				14			
7				15			
8				16			

GEN= genótipos; V= verde; VA= verde amarelado; A= amarelo