



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO
BAG EMEPA-PB**

FERNANDA VANESSA GOMES DA SILVA

**JOÃO PESSOA – PB
2010**

FERNANDA VANESSA GOMES DA SILVA

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO
BAG EMEPA-PB**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Doutor.

ORIENTADOR: Prof^a Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

JOÃO PESSOA – PB
- 2010 -

FERNANDA VANESSA GOMES DA SILVA

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO
BAG EMEPA-PB**

APROVADA EM 13 / 07 / 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.
- Orientadora -
DCFS/CCA/UFPB

Prof. Dr. Heinz Johann Holschuh
- Membro -
CT/UFPB

Profa. Dra. Rejane Maria N. Mendonça
- Membro -
DFCA/CCA/UFPB

Dr. Ricardo Elesbão Alves
- Membro -
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira
- Membro -
DCFS/CCA/UFPB

JOÃO PESSOA – PB
- 2010 -

*À Deus, presença constante em minha vida.
À virgem Maria Santíssima por iluminar meus caminhos.
Aos meus pais Fernando e Evan pelos ensinamentos e exemplos de vida.
Aos meus Irmãos Victor e Vlândia pelo eterno laço de amizade.
À João Paulo pelo amor e companherismo.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por iluminar meus caminhos sempre...

Ao meu esposo João Paulo, por está ao meu lado sempre, pela grandiosa ajuda para realização deste trabalho.

À Professora Silvanda de Melo Silva, pela amizade, orientação, confiança, por todo apoio e incentivo, sempre disponível a qualquer momento, obrigada pelos ensinamentos transmitidos e pelo exemplo de dedicação científica.

Aos meus pais e irmãos pelo interesse constante em meus estudos e pelos ensinamentos que me ofertaram por toda vida.

Aos meus sogros pelas orações e força sempre.

Ao professor Geraldo Arraes Maia, que foi o incentivador deste doutorado.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de trabalho acadêmico e ascensão profissional na pesquisa científica.

A Capes pela concessão da bolsa durante os primeiros anos do curso.

A EMEPA-PB pela disponibilização dos frutos para realização deste trabalho.

Em especial a Pesquisadora da EMEPA Gerciane Cabral, pela amizade e valiosa ajuda na condução deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, que durante o curso mostraram o verdadeiro compromisso com o ensino, pesquisa e extensão.

Aos professores Heinz Johann Holschuh, Rejane Maria N. Mendonça, Walter Esfrain Pereira e ao pesquisador Ricardo Elesbão Alves pela participação neste trabalho como examinadores.

Ao Laboratório de Biologia e Fisiologia Pós-Colheita, nas pessoas de Fabiano, Tarcila, Aninha, Renato, Rosana, George, Eliane, Antonia, Marcelo, Roberto, Laésio, Perla, Jandira, Dalmo, Lucicléia, Josilene, Kátia, Aline Priscilla, Ana Paula, Aline Rocha, Ovídio pela amizade e valiosa contribuição na condução do experimento.

Aos companheiros de curso André, Juan, Margareth, Fátima e Robson pela gratificante amizade e valiosas colaborações nos momentos especiais.

Em especial aos grandes amigos Adriana Ferreira, Alisson Trindade, Maíra Felinto, Emanuel, Tatiana e Edilson pelo apoio sempre.

Aos professores José Marcelino Cavalheiro, Punskar Sing Bora e ao secretário Humberto Bandeira pela amizade e disponibilidade em ajudar.

A todos os meus amigos de Fortaleza, em especial minhas amigas Neivinha e Josenira que apesar da distância, sempre enviam pensamentos positivos.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	XV
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO GERAL	2
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Geral.....	5
1.1.2 Específicos.....	5
2. REFERENCIAL TEORICO	6
2.1 Cajá-Aspectos gerais.....	6
2.2 Desenvolvimento e maturação do fruto.....	8
2.3 Potencial de utilização.....	11
2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	12
2.4.1 Espécies reativas de oxigênio e radicais livres.....	12
2.4.2 Defesa antioxidante.....	13
2.4.2.1 Métodos de avaliação da atividade antioxidante.....	15
2.4.3 Principais compostos bioativos.....	17
2.4.3.1 Compostos fenólicos.....	18
2.4.3.1.1 Compostos fenólicos tipo flavonóides.....	21
2.4.3.1.1.1 Antocianinas.....	22
2.4.3.1.1.2. Antoxantinas.....	26
2.4.3.1.2 Compostos fenólicos tipo não flavonóides.....	27
2.4.3.2 Carotenóides.....	28
2.4.3.3 Vitaminas nntioxidantes.....	33
2.4.3.3.1 Vitamina C.....	33
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO II	50
RESUMO	51
ABSTRACT	52
1 INTRODUÇÃO	53
2 MATERIAIS E MÉTODOS	54
2.1 Instalação e condução dos experimentos.....	54

2.2 Delineamento experimental.....	58
2.3 Avaliações.....	58
2.3.1 Avaliações físicas até o início da maturação.....	58
2.3.2 Avaliações físicas após o início da maturação.....	58
2.3.3 Avaliações físico-químicas.....	59
2.4 Análise estatística.....	59
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
3.1 Avaliações físicas.....	60
3.2 Avaliações físico-químicas.....	68
4 CONCLUSÕES.....	80
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
CAPÍTULO III.....	86
RESUMO.....	87
ABSTRACT.....	88
1 INTRODUÇÃO.....	89
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	91
2.1 Seleção do material vegetal.....	91
2.2 Delineamento experimental.....	93
2.3 Avaliações.....	93
2.3.1 Avaliações físicas.....	93
2.3.2 Avaliações físico-químicas.....	94
2.4 Análise estatística.....	95
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	96
3.1 Características físicas e físico-químicas de genótipos progênies e clones de frutos de cajazeiras	96
3.2 Análise dos componentes principais.....	112
4 CONCLUSÕES.....	115
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
CAPÍTULO IV.....	121
RESUMO.....	122
ABSTRACT.....	123
1 INTRODUÇÃO.....	124
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	126

2.1 Seleção do material vegetal.....	126
2.2 Delineamento experimental.....	127
2.3 Avaliações.....	127
2.3.1 Determinação de compostos bioativos.....	127
2.3.2 Polifenóis extraíveis totais.....	128
2.3.3 Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do betacaroteno/ácido linoleico.....	128
2.4 Análise estatística.....	129
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	130
3.1 Avaliações.....	130
3.1.1 Quantificação de compostos bioativos.....	130
3.1.2 Polifenóis extraíveis totais.....	133
3.1.3 Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do beta-caroteno/ácido linoleico.....	134
3.1.4 Análise dos componentes principais.....	136
4 CONCLUSÕES.....	138
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
CAPITULO V.....	143
RESUMO.....	144
ABSTRACT.....	145
1 INTRODUÇÃO.....	146
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	148
2.1 Instalação e condução dos experimentos.....	148
2.2 Delineamento experimental.....	149
2.3 Avaliações.....	149
2.3.1 Determinação de compostos bioativos.....	149
2.3.2 Polifenóis extraíveis totais.....	150
2.3.3 Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do b-caroteno/ácido linoléico.....	150
2.4 Análise Estatística.....	151
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	152
3.1.1 Quantificação dos compostos bioativos, polifenóis extraíveis totais e inibição da oxidação.....	152
3.1.2 Análise dos componentes principais.....	158

4 CONCLUSÕES.....	160
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
CONCLUSÕES GERAIS.....	165
ANEXOS.....	166

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Subdivisão de compostos bioativos presentes em alimentos de origem vegetal.....	17
FIGURA 2. Estrutura química dos principais representantes dos polifenóis.....	20
FIGURA 3. Estrutura do íon flavílio ou 2-fenil-benzopirílio.....	23
FIGURA 4. Estruturas dos principais carotenóides encontrados em frutas e hortaliças.....	29
FIGURA 5. Visão geral das plantas do BAG -01 oriundo de sementes (A) e do BAG-02 oriundo de estaquia (B).....	56
FIGURA 6. Detalhes da marcação de inflorescências dos durante a fenologia dos genótipos de cajazeira.....	57
FIGURA 7. Massa Fresca (g) e Massa Seca (g) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 15 dias após antese, 2010.....	61
FIGURA 8. Comprimento e diâmetro (mm) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 15 dias após antese, 2010.....	63
FIGURA 9. Volume (cm ³) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 15 dias após antese, 2010.....	65
FIGURA 10. Evolução da cor medida através dos parâmetros L* a* b* da casca durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	67
FIGURA 11. Sólidos Solúveis (%) e Relação SS/AT (g) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	69
FIGURA 12. pH e acidez titulável durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	71
FIGURA 13. Açúcares totais, redutores e amido (%) durante o desenvolvimento e	

maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	73
FIGURA 14. Acido Ascórbico (mg.100g^{-1}) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	75
FIGURA 15. Clorofila ($\text{mg.100}^{-1}\text{g}$) e Carotenóides ($\mu\text{g.100}^{-1}\text{g}$) da casca durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	77
FIGURA 16. Flavonóides amarelos ($\text{mg.100}^{-1}\text{g}$) da casca durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	79
FIGURA 17. Estádios de maturação de frutos de cajazeira.....	92
FIGURA 18. (A)-Projeções das variáveis no plano formado pelos componentes principais 1 x 2. (B)- Projeções dos doze genótipos em sete estádios de maturação no plano formado pelos componentes principais 1 x 2.....	114
FIGURA 19. Escala de evolução dos estádios de maturação de frutos de cajazeira.....	127
FIGURA 20. (A)-Projeções das variáveis no plano formado pelos componentes principais 1 x 2. (B)- Projeções dos doze genótipos em sete estádios de maturação no plano formado pelos componentes principais 1 x 2.....	137
FIGURA 21. Clorofila ($\text{mg.100}^{-1}\text{g}$) e Carotenóides ($\mu\text{g.100}^{-1}\text{g}$) durante o desenvolvimento de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	154
FIGURA 22. Polifenóis extraíveis ($\text{mg.100}^{-1}\text{g}$) e Inibição da oxidação (%) durante o desenvolvimento de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese, 2010.....	157
FIGURA 23. (A)-Projeções das variáveis no plano formado pelos componentes principais 1 x 2. (B)- Projeções dos doze genótipos em dias de maturação no plano formado pelos componentes principais 1 x 2.....	159

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Diferenças nas antocianidinas quanto ao número e posição dos grupos hidroxilas.....	24
TABELA 2. Valores de precipitação mensal (mm) na Estação Experimental da EMEPA, EECJIC, 2010.....	54
TABELA 3. Genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênes) e estaquia (clones).....	55
TABELA 4. Classificação dos estádios de maturação de frutos de cajazeiras oriundos de sementes (progênes) e de estaquia (clones), com base na coloração da casca de acordo com Carta de Munsell para tecidos vegetais.....	92
TABELA 5. Genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênes) e estaquia (clones).....	93
TABELA 6. Valores médios para comprimento (mm) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	96
TABELA 7. Valores médios para diâmetro (mm) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	97
TABELA 8. Valores médios para massa fresca (g) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	98
TABELA 9. Valores médios para pH de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	100
TABELA 10. Valores médios para sólidos solúveis (%) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	101
TABELA 11. Valores médios para acidez titulável (g.100g^{-1}) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	103
TABELA 12. Valores médios para SS/AT de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	104
TABELA 13. Valores médios para ácido ascórbico (mg.100g^{-1}) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	106
TABELA 14. Valores médios para açúcares redutores (mg.100g^{-1}) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	107
TABELA 15. Valores médios para açúcares totais (%) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	108
TABELA 16. Valores médios para amido (%) de frutos de diferentes genótipos de	

cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	109
TABELA 17. Valores médios para clorofila (mg.100g^{-1}) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	110
TABELA 18. Valores médios para carotenóides ($\mu\text{g.100g}^{-1}$) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	111
TABELA 19. Valores médios para flavonóides amarelos (mg.100g^{-1}) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	112
TABELA 20. Autovetores em dois componentes principais (CP1 e CP2), das características físico-químicas de frutos de genótipos de cajazeiras, 2010.....	113
TABELA 21. Classificação dos estádios de maturação de frutos de cajazeiras oriundos de sementes (progênes) e de estaquia (clones), com base na coloração da casca de acordo com Carta de Munsell para tecidos vegetais.....	126
TABELA 22. Genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênes) e estaquia (clones).....	127
TABELA 23. Valores médios do teor de clorofila (mg.100g^{-1}) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	130
TABELA 24. Valores médios do teor de carotenóides totais ($\mu\text{g.100g}^{-1}$) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	131
TABELA 25. Valores médios de flavonóides amarelos (mg.100g^{-1}) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	132
TABELA 26. Valores médios de polifenóis extraíveis (mg.100g^{-1}) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	133
TABELA 27. Valores médios de inibição da oxidação (%) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.....	134
TABELA 28. Correlações dentre atributos bioativos, polifenóis extraíveis e inibição da oxidação em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras.....	135
TABELA 29. Autovetores em dois componentes principais (CP1 e CP2), das características avaliadas de frutos de genótipos de cajazeiras, 2010.....	136
TABELA 30. Genótipos de Cajazeiras do BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênes) e estaquia (clones).....	149
TABELA 31. Autovetores em dois componentes principais (CP1 e CP2), das características avaliadas de frutos de genótipos de cajazeiras durante a maturação, 2010.	158

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Análises de Variâncias (ANOVA) para as características físico-químicas dos frutos dos genótipos de cajazeiras em sete estádios de maturação (Variáveis A a G).....	167
ANEXO 2. Análises de Variâncias (ANOVA) para os compostos bioativos, polifenóis e atividade antioxidante de frutos dos genótipos de cajazeiras em sete estádios de maturação (Variáveis de A a E).....	169
ANEXO 3. Análises de Variâncias (ANOVA) para os compostos bioativos, polifenóis e atividade antioxidante de frutos dos genótipos durante o desenvolvimento e maturação (Variáveis de A a E).....	171

SILVA, F.V.G. da. **Maturação, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de genótipos de cajazeiras do BAG Emepa-PB.** João Pessoa: CT/UFPB, 2010. 165pg. (Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)¹.

RESUMO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento, a fisiologia da maturação e a qualidade de frutos provenientes de genótipos de cajazeiras oriundos de sementes (progênies) e de estaquia (clones) e a capacidade antioxidante durante o desenvolvimento e em diferentes estádios de maturação. O trabalho foi subdividido em quatro experimentos. O primeiro experimento avaliou os processos de crescimento e maturação de frutos de doze genótipos de cajazeira, cinco progênies e sete clones, acompanhou-se o desenvolvimento das inflorescências até a formação e maturação completa do fruto. De acordo com os resultados obtidos, os genótipos analisados apresentaram diferentes ciclos de desenvolvimento pleno, principalmente durante a fase de maturação. Os frutos tiveram crescimento acentuado até o início da maturação, a partir daí os frutos apresentaram taxas menores de aumento de comprimento, diâmetro e acúmulo de massa fresca e seca. O volume do fruto aumentou continuamente durante todo o período de desenvolvimento. As características físico-químicas de sólidos solúveis, açúcares redutores, açúcares totais e carotenóides aumentaram com o avanço da maturação. Já para acidez titulável, amido e clorofila houve um declínio com a maturação. O ciclo de desenvolvimento do cajá, a partir da abertura da flor até o amadurecimento do fruto, corresponde a um período médio de 126 dias. No experimento II foram avaliadas as mudanças ocorridas durante a maturação de frutos de progênies e clones de cajazeiras, para o estabelecimento do estágio de maturação e índices de maturidade mais adequados para a colheita dos frutos. Foram selecionados frutos de doze genótipos, sendo que dessas plantas seis eram progênies e seis eram clones. Os frutos foram colhidos e separados em sete estádios de maturação descrita de acordo com a carta de Munsell. De acordo com os resultados, verificou-se que a coloração dos frutos evoluiu gradativamente de totalmente verde para predominante alaranjado. Os teores de sólidos solúveis (SS) aumentaram com o avanço da maturação. A relação SS/AT aumentou, devido a intensificação da doçura e diminuição da acidez tornando os frutos mais agradáveis ao paladar. Os frutos de cajazeiras que apresentaram as melhores características físico-químicas foram àqueles provenientes do genótipo progênie G2. O experimento III avaliou a presença de compostos bioativos, polifenóis e a capacidade antioxidante de frutos de cajazeiras em diferentes estádios de maturação provenientes de genótipos progênies e clones. Foram selecionados frutos de doze genótipos, seis progênies e seis clones. Os frutos foram colhidos em sete estádios de maturação levando em consideração a coloração externa da casca. Foram avaliados quanto ao teor de clorofila, carotenóides, flavonóides amarelos, polifenóis extraíveis totais e a capacidade antioxidante levando em consideração o percentual de inibição da oxidação. Verificou-se que a quantidade de polifenóis extraíveis variou de 21,50 a 200,65 mg.100g⁻¹. De modo geral, os frutos de genótipos clones apresentaram maiores médias para a concentração de polifenóis extraíveis em relação aos genótipos progênies. Com relação à capacidade antioxidante, os frutos que apresentaram maior percentual de inibição da oxidação foram provenientes de genótipos clones. O experimento IV avaliou a presença de compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos de cajazeiras provenientes de progênies e

¹ Orientadora: Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

clones durante o desenvolvimento até a completa maturação. Foram avaliados frutos de doze genótipos de cajazeiras, cinco progênies e sete clones. Foram quantificados os teores de polifenóis extraíveis totais, clorofila, carotenóides totais, flavonóides amarelos e a capacidade antioxidante levando em consideração o percentual de inibição da oxidação. Verificou-se correlação positiva entre os teores de compostos bioativos e a capacidade antioxidante.

Palavras Chaves: Crescimento, fisiologia da maturação, índices de maturidade, qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante.

SILVA, F.V.G. da. **Maturation, bioactive compounds and antioxidant capacity of fruits of genotypes of yellow mombin tress of BAG EMEPA-PB.** João Pessoa: CT/UFPB, 2010. 165 pg. (Doctoral Thesis in Science and Food Technology)².

The study aimed to evaluate the development, physiology of maturation and quality of fruits from genotypes of yellow mombin tress becomes from seeds (progeny) and stalks (clones), and the antioxidant capacity during development in different stages of maturation. The study was divided into four experiments. The first experiment evaluated the processes of growth and maturation of fruits of twelve genotypes of yellow mombin tree, five progenies and seven clones. The development of inflorescences was escorted until the formation and complete maturation of the fruits. According to the results, the genotypes studied showed different cycles of full development, especially during the ripening stage. The fruits had a rapid growth until the beginning of ripening, where from there the fruits showed lower rates of increase in length, diameter and accumulation of fresh and dry weights. The fruit volume increased steadily throughout the period of development. The physicochemical properties of soluble solids, reducing sugars, total sugars and carotenoids increased with advancing maturity. There was a decline in titratable acidity, starch and chlorophyll with the maturation. The development cycle of yellow mombin fruit, from flower opening to fruit ripening, corresponding to an average of 126 days. In experiment II were evaluated the changes occurred during the ripening of fruits of progeny genotypes and clones of yellow mombin tree to establish the stage of maturation and maturity indices most appropriate for the fruit harvest. Fruits of twelve genotypes were selected, and these plants were six progeny and six were cloned. The fruits were harvested and separated into seven stages of maturation described according to Munsell color chart. According to the results, there has been progress in fruit color, evolving gradually from fully green to fruits with orange predominance. The levels of soluble solids (SS) increased with the advancing of maturation. The soluble solids (SS) increased with the advancing of ripening. The SS / AT ratio increased due to intensification of sweetness and acidity reduction making the fruit more palatable. The yellow mombin fruits that showed the best physicochemical characteristics were those from progeny genotype G2. The experiment III evaluated the presence of bioactive compounds, polyphenols and antioxidant capacity of yellow mobin fruits in different stages of maturation from progeny genotypes and clones. Fruits of twelve genotypes were selected, six progeny and six clones. The fruits were harvested in seven maturity stages taking into account the external color of the peel. The levels of total extractable polyphenols and antioxidant capacity were evaluated taking into account the percentage of inhibition of oxidation. According to the results, it was found that the amount of extractable polyphenols ranged from 21.50 to 200.65 mg.100g⁻¹. Generally the fruits of cloned genotypes had higher average for the concentration of extractable polyphenols in relation to progeny genotypes. Regarding the antioxidant capacity of fruits that higher percentages of oxidation inhibition were from genotypes clones. The experiment IV evaluated the presence of bioactive compounds and antioxidant capacity of yellow mombin fruits becomes from progeny and clones during development until the complete maturation. Fruits of twelve genotypes of yellow mombin tree were evaluated, five progeny and seven cloned. The levels of total extractable polyphenols, chlorophyll, carotenoids, flavonoids and antioxidant capacity yellows were quantified taking into account

² Advisor: Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

the percentage of inhibition of oxidation and antioxidant activity. It was found that there is a positive correlation between the levels of bioactive compounds and antioxidant capacity.

Keywords: Growth, physiology of maturation, rate of maturity, quality, bioactive compounds and antioxidant capacity.

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura brasileira apresentou um grande avanço nos últimos anos, devido principalmente à disponibilização de novas tecnologias de produção, que favorece a ampliação da área de cultivo. Desta forma, a região Nordeste vem se destacando como um grande produtor de frutas tropicais nativas e cultivadas, em virtude desse cenário e pelas condições climáticas favoráveis (LEÔNIDAS FILHO, 2007).

O gênero *Spondias*, da família Anacardiaceae, abriga diversas espécies frutíferas de interesse econômico, destacando-se o cajá ou taperebá (*S. mombin* L.), o umbu (*S. tuberosa* Arr. Câmara), o umbu-cajá (*Spondias* sp.) e a umbuguela (*Spondias* sp.), as quais são nativas do Brasil e a ciriguela (*S. purpurea* L.), a cajarana (*S. dulcis* Park.) ou cajamanga (*S. cytherea*.) consideradas exóticas (SACRAMENTO et al., 2000).

Os frutos da cajazeira são nuculânios perfumados com mesocarpo carnosos, amarelo, de sabor agri-doce, contendo carotenóides, açúcares, vitaminas A e C (BARROSO et al., 1999), são denominados de taperebá, cajá mirim ou cajá e são muito utilizados na preparação de polpas, sucos, picolés, sorvetes, néctares e geléias de excelente qualidade (SOUZA e BLEICHER, 2002) e grande potencial de mercado.

As cajazeiras podem ser encontradas em quase todas as microrregiões do Estado da Paraíba, seja em convivência com a vegetação nativa, seja como plantas aleatórias em pomares de granjas e fazendas ou constituindo-se cerca viva em áreas onde ocorre com maior frequência. Seus frutos são altamente perecíveis, dificultando sua conservação, armazenamento e transporte a longas distâncias (BOSCO et al., 2000).

No entanto, a cajazeira ainda não é cultivada em escala comercial, sendo considerada planta em domesticação e ainda de exploração extrativa. Mesmo assim, tem participação crescente no agronegócio da região Nordeste, representando emprego e renda para a população, principalmente pela comercialização dos seus frutos para consumo como fruta fresca e processamento de polpa (SACRAMENTO e SOUZA, 2000). Por outro lado, o aumento da demanda vem despertando o interesse pelo seu cultivo, porém o incipiente acervo de informações e conhecimentos existentes impede a instalação de pomares comerciais (SOUZA, 1998). A sua inserção como espécie frutífera nos modelos agronômicos modernos requer, entretanto, a identificação de materiais propagativos cujos genótipos apresentem elevada capacidade produtiva, porte acessível ao manejo cultural e características melhoradas de qualidade de seus frutos (BOSCO et al., 2000).

A cajazeira pode ser considerada uma planta ainda em fase de domesticação pelas descrições de Harlan (1975), a espécie é classificada como encorajada, ou seja, é disseminada colhida e selecionada sem nenhum plantio de sementes. Para seu cultivo comercial, os fatores mais limitantes são o alto porte e a longa fase juvenil das plantas obtidas de sementes (SOUZA, 1998) e também as variações em formato de copa, produtividade, tamanho e sabor dos frutos (VILLACHICA, 1996). Então, constata-se que o cultivo de plantas clonadas é a alternativa viável para a superação desses problemas, assim como é feito na maioria das fruteiras cultivadas.

A cajazeira, por propagar-se tanto por sementes como vegetativamente, apresenta vantagens para o melhoramento, já que as plantas oriundas de sementes abrem a base genética (variabilidade) e as clonadas fixam materiais superiores e, a partir daí, podem ser reproduzidas indefinidamente (SOUZA, 2008).

A caracterização de genótipos presentes em Bancos de Germoplasma torna-se necessário para que estes recursos genéticos sejam utilizados em programas de melhoramento com identificação de genótipos potencialmente úteis para o fim que se destina, estimulando o cultivo comercial em bases tecnológicas modernas e incentivo de indústrias de beneficiamento (LIMA et al., 2002; PINTO et al., 2003).

A elevada perda de frutos após a colheita é uma realidade, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil. O nível de perdas poderia ser reduzido se práticas corretas desde o cultivo, a partir da colheita e principalmente na pós-colheita fossem adotadas. A falta de conhecimento dos processos fisiológicos dos frutos, a falta de infra-estrutura adequada e de uma logística de distribuição são os principais fatores responsáveis pelo elevado nível de perdas pós-colheita observado no Brasil (AZZOLINI, 2002).

Para um melhor entedimento das transformações que ocorrem na fase pré-colheita, bem como dos efeitos dos numerosos fatores que interferem na vida útil pós-colheita de frutos, é fundamental o conhecimento da fisiologia do desenvolvimento desses órgãos vegetais (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para o desenvolvimento dos frutos, o momento da colheita tem influência na qualidade do fruto maduro. Quando os frutos são colhidos verdes ou fisiologicamente imaturos, não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva, ou quando o amadurecimento ocorre, a qualidade dos frutos é prejudicada (HULME, 1970).

A correta determinação do estágio de maturação em que um fruto se encontra é essencial para que a colheita seja efetuada no momento certo e é um dos aspectos relevantes em relação à qualidade dos produtos vegetais. A seleção do estágio de maturação adequado

na colheita determina o potencial de armazenamento, assegurando a ampliação da vida útil pós-colheita, prolongando o período de comercialização, pela manutenção das suas características sensoriais finais (SEIBERT et al., 2004). Para isso, são utilizados os chamados índices de maturação. Esses índices compreendem medidas físico-químicas que sofrem mudanças ao longo da maturação dos frutos. Os índices de maturação devem assegurar a obtenção de frutas de boa qualidade, para o armazenamento (KLUGE et al., 2002).

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas nas diferentes áreas do segmento pós-colheita, visando à descoberta de novas fontes nutricionais e sua utilização, redução de perdas pós-colheita, aproveitamento de subprodutos e resíduos da produção agrícola (MATSUURA et al., 2001).

A busca de novos produtos com propriedades antioxidantes oriundas de fontes naturais torna-se cada vez crescente. O conhecimento de compostos bioativos com atividade antioxidante presentes em frutos e hortaliças, das quais muitas ainda não foram suficientemente estudadas, destaca-se tanto pela possibilidade de ter aproveitamento como alimento funcionais quanto pelo fornecimento de compostos que se enquadram como nutracêuticos (ANDRADE-WARTHA, 2007).

Sendo assim, é necessária a avaliação do desenvolvimento e fisiologia dos frutos da cajazeira, provenientes de progênies e clones, bem como, estabelecer seus s seus índices de maturidade para a manutenção da qualidade pós-colheita e identificação de compostos bioativos que possam apresentar capacidade antioxidante contribuindo assim para suas características funcionais.

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

Avaliar o desenvolvimento, a fisiologia da maturação, compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos de genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB em diferentes estádios de maturação.

1.1.2. Específicos

- Avaliar a fisiologia da maturação de frutos de cajazeiras provenientes de progênies e clones;
- Determinar as modificações nas características físicas e físico-químicas que ocorrem durante a maturação de frutos de cajazeira provenientes de progênies e clones;
- Estabelecer o estágio de maturação, o índice de maturidade e a época de colheita para frutos de cada genótipo avaliado;
- Identificar a presença de compostos bioativos em frutos de cajazeiras provenientes de progênies e clones, em diferentes estádios de maturação;
- Avaliar a capacidade antioxidante de frutos de cajazeiras provenientes de progênies e clones, em diferentes estádios de maturação;
- Ampliar as informações sobre o fruto da cajazeira, visando potencializar seu cultivo e comercialização, preservar sua variabilidade genética e seu uso em futuros trabalhos de melhoramento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cajá – Aspectos gerais

O gênero *Spondias* compreende várias espécies frutíferas, cujos representantes mais significativos têm como centro de diversidade o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil (LEDERMAN et al., 2008).

O cajá (*Spondias mombin*) pertence à família Anacardiaceae e ao gênero *Spondias*, o qual inclui a cirigüela (*Spondias purpurea*), a cajamanga (*Spondias cytherea*), e o umbu (*Spondias tuberosa*) (SOUZA, 2000).

No Brasil, a cajazeira é largamente distribuída nas regiões Norte e Nordeste, vegetando espontaneamente em grupos ou isoladas na Amazônia Ocidental e Mata Atlântica. Nessas regiões, é explorada em estado silvestre em áreas de terra firme ou de várzea, podendo também ser encontradas em formações secundárias, onde se regenera naturalmente, tanto a partir de sementes como de estacas e raízes (MOREIRA et al., 2002).

Na Paraíba, as cajazeiras podem ser encontradas em quase todas as microrregiões do Estado, seja em convivência com a vegetação nativa, seja como plantas aleatórias em pomares de granjas e fazendas ou constituindo-se cerca viva em áreas onde ocorre com maior frequência (BOSCO et al., 2000).

A cajazeira é uma árvore frutífera tropical lenhosa, caducifólia, de tronco longo e ereto, às vezes bifurcado em forma de y e revestido por casca grossa e rugosa, que esgalha e ramifica da parte terminal, o que confere um porte alto à planta. A copa é ampla, vistosa e imponente quando em fase de floração e frutificação (SOUZA e BLEICHER, 2002). A emissão de flores e ramos ocorre concomitantemente, logo após a fase de repouso vegetativo, quando surgem ramos vigorosos e compridos, inicialmente com casca fina e lisa, a qual progressivamente torna-se grossa e coberta por protuberâncias lenhosas e rugosas (SOUZA, 2005).

As panículas possuem cachos compostos por várias flores pedunculadas, com cinco sépalas, cinco pétalas, dez estames com antenas extrorsas, gineceu com ovário formado por cinco carpelos que coincidem com o número de lóculos, cinco estilos livre com estigmas lineares e dorsais (LOZANO, 1986). O número de flores por panículas é varável, e cada panícula pode ter mais de 2.000 flores (SILVA e SILVA, 1995). Na fase de floração da cajazeira há acentuados abortamento e abscisão de flores, porém, depois de fertilizadas as flores praticamente não sofrem processos de abscisão, a não ser aqueles causados por danos

mecânicos ou ataque de pragas e patógenos, parecendo ser esta característica inerente à espécie (SOUZA et al., 2006).

Souza et al. (2006) constataram uma grande variabilidade do número de frutos por cacho entre clones de cajazeira, variando de 5 a 80, sendo comum encontrar cachos com 8, 14, 25, 38, 56 e até 80 frutos. Essa variação é uma característica típica de plantas que não foram melhoradas. A produção também é variável e uma planta adulta de grande porte pode produzir até cerca de 10 mil frutos em uma safra (ADLER e KIELPINSKI, 2000).

O fruto da cajazeira é uma drupa e foi classificado por Barroso et al. (1999) como nukulânio, com mesocarpo carnoso, amarelo, de sabor ácido-adocicado, contendo carotenóides, açúcares, vitaminas A e C, de massa variando entre 9,25 g e 21,9g, formato ovóide ou oblongo (SACRAMENTO e SOUZA, 2000)

O endocarpo, comumente chamado caroço, é grande, branco, súbero-lignificado e enrugado contendo 2 a 5 lóculos e de zero a cinco sementes (SOUZA et al., 2000). A semente varia de claviforme a reniforme, medindo 1,22 cm de comprimento e 0,22 cm de largura, com dois tegumentos de consistência membranácea, coloração creme e com superfícies lisas.

Segundo Bosco et al. (2000) a propagação da cajazeira pode ser feita pelo processo sexuado, através da semente ou pelo processo assexuado mediante o uso de parte do vegetal. Semente é o método usado na propagação da cajazeira pelo fato da germinação ocorrer de maneira muito desuniforme, em decorrência da manifestação da sua dormência. Por outro lado, a planta resultante de semente demanda maior tempo para iniciar a frutificação. Os resultados dos ensaios de germinação com sementes de cajazeira mostraram baixas percentagens e velocidades de germinação, confirmando a lenta, a errática e a desuniforme germinação da espécie (SOUZA, 1998).

A estaquia é o método mais comum para a propagação vegetativa da cajazeira, usando-se a parte lenhosa de ramos de plantas adultas, com mais de um ano de idade, diâmetro igual ou superior a 3 cm e comprimento igual ou superior a 60 cm. A enxertia é outra técnica adotada na propagação vegetativa, através de borbúlia, garfagem e encostia. No caso da cajazeira, tem-se desenvolvido testes preliminares tentando identificar qual o tipo mais apropriado à propagação. Tanto no caso da multiplicação por estaquia quanto por enxertia, tem-se a vantagem de reduzir o período inicial de frutificação pelo fato de estar utilizando estacas ou gemas de plantas adultas em plena frutificação, além de assegurar às novas plantas a transferência de todas as características da planta-mãe.

Souza (1998) também afirma que a enxertia, apesar de pouco estudada, vem apresentando resultados promissores na clonagem de cajazeira, umbu-cajazeira e

umbuzeiro. Nos ensaios de enxertia e de avaliação de clones de cajazeira sobre portaenxertos de umbuzeiro, cajaraneira e da própria cajazeira, observam-se altas percentagens de pega nos enxertos, boa cicatrização e compatibilidade entre as partes enxertadas. Fato importante para o melhoramento, pois as diferentes combinações podem conferir variabilidade genética e superar possíveis problemas de incompatibilidade, vigor, produtividade e qualidade de fruto, susceptibilidade a praga e doenças, entre outros, que talvez venham a ocorrer em futuros cultivos de cajazeira.

De um lado, a propagação sexual é muito importante para a perpetuação das espécies na natureza e para o melhoramento genético por aumentar a variabilidade e a base genética indispensáveis para os programas de melhoramento. Por outro lado, a propagação assexual é importantíssima para o cultivo de pomares comerciais, pois propicia a fiel multiplicação de genótipos heterozigóticos fixando o patrimônio genético das plantas, ou seja, forma clones que são plantas geneticamente idênticas à planta da qual foram retirados os propágulos (SOUZA, 2008).

2.2. Desenvolvimento e maturação do fruto

Os frutos, por serem organismos biologicamente vivos, passam por uma série de transformações endógenas durante o seu processo de desenvolvimento, resultante do seu metabolismo (AWAD, 1993).

O crescimento inicia-se com a divisão e expansão celular, que determinam o tamanho final do fruto. O ciclo vital do fruto compreende as fases de crescimento, maturação, amadurecimento e senescência, sendo que na maturação o fruto atinge o seu tamanho máximo (WATADA et al., 1984). Em geral, ao final da fase de maturação ocorre o início do amadurecimento do fruto, que se caracterizam mudanças na cor, sabor, textura e aroma, seguindo-se da conseqüente senescência (SASS, 1993).

O ciclo de desenvolvimento para os frutos da cajazeira, compreendendo o crescimento, maturação e amadurecimento variam em média de 124 dias a partir da antese. O crescimento estende-se até aproximadamente 97 dias após a antese onde observa-se o acúmulo de pesos fresco e seco. A maturação estende-se dos 97 aos 117 dias após a antese e é caracterizada por uma desaceleração da taxa de crescimento. O amadurecimento inicia-se em torno de 117 dias após a antese e o amadurecimento pleno dos cajás ligados à planta, dando início aos sinais de abscisão ocorre 125 dias após a antese (MOURA et al., 2003).

Lozano (1986), estudando o desenvolvimento de frutos de cajá na Colômbia, constatou que o processo de formação do fruto dura de 4 a 5 meses e ainda que o número de flores por inflorescência é muito elevado, cerca de mil, mas apenas se formam em torno de trinta frutos por inflorescência. O desenvolvimento do fruto da cajazeira compreende sete estádios que podem ser agrupados em três períodos distintos de crescimento (ROTH, 1977; LOZANO, 1986). Quando o fruto atinge 2,5 cm de diâmetro, ocorre a finalização da diferenciação celular que origina a polpa, a partir de então à medida em que as células se alargam, o amido é transformado em açúcar; os cloroplastos evoluem para cromoplastos e o vacúolo central ganha leucoantocianidinas, e o fruto adquire paulatinamente coloração amarelada (LOZANO, 1986).

As principais alterações que ocorrem durante a maturação, envolvem mudança na cor da casca, taxa respiratória, produção de etileno, permeabilidade das membranas, suavização da textura (AWAD, 1993), aumento na doçura, devido a elevação do teor de açúcares solúveis e decréscimo na acidez e na adstringência e aumento nas características do aroma e sabor pela emissão de compostos voláteis (SASS, 1993).

A maturação, somente pode ser compreendida através do amplo conhecimento da fisiologia do fruto e ambos servem como base para o desenvolvimento de tecnologias de conservação pós-colheita que assegurem ampliar a vida útil pós-colheita dos frutos, permitindo a agregação de valor e a competitividade da produção dessas espécies e assim, o aumento do valor econômico e social que as mesmas têm para a região (SILVA e ALVES, 2008).

O amadurecimento corresponde às mudanças nos fatores sensoriais como sabor, odor e textura que tornam o fruto aceitável para o consumo, sendo algumas dessas mudanças detectadas pela análise das transformações físicas visíveis, ou pelas endógenas, como por exemplo, mudanças nos pigmentos, ácidos, taninos, carboidratos e pectinas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os frutos durante o amadurecimento, tornam-se mais palatáveis devido ao desenvolvimento de sabores específicos como, por exemplo; os açúcares solúveis cujos, mais comuns nos frutos são a frutose, glicose e sacarose, que juntamente com os ácidos orgânicos fornecem a maior contribuição para o sabor do fruto (SEYMOUR et al., 1993). Há, paralelamente, acréscimos em compostos voláteis ligados ao aroma. Os teores de ácidos aumentam inicialmente, atingindo um valor máximo e a seguir decrescem. No entanto, a velocidade e a intensidade dessas modificações metabólicas durante a maturação são variáveis (COOMBE, 1976).

A qualidade e o potencial de armazenamento de frutos são influenciados pelo estágio de maturação em que são colhidos. Em termos de pós-colheita, a maturação ótima é o estágio de desenvolvimento no momento da colheita, que assegure o amadurecimento e a manutenção da qualidade por o máximo período possível (KAYS, 1997).

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

A correta determinação do estágio de maturação em que o fruto se encontra é essencial para que a colheita seja efetuada no momento certo. Para isso, são utilizados os chamados índices de maturação, que compreendem mudanças perceptíveis nas características físicas ou químicas durante o processo de maturação dos frutos. Os índices de maturação devem assegurar a obtenção de frutos de boa qualidade, no que se refere às características sensoriais durante o armazenamento, visando melhor aproveitamento do potencial de comercialização do fruto (KLUGE et al., 2002).

Frutos de cajazeira apresentam padrão respiratório característico de fruto climatérico, de modo que frutos colhidos com a coloração da casca amarelo predominante apresentaram a máxima atividade respiratória aproximadamente 3 dias após a colheita (PEREIRA et al., 2000).

Aldrigue (1988), estudando características físicas de frutos de cajazeiras em Rio Branco-AC, encontrou valores médios para comprimento de fruto de 3,2cm, diâmetro de 2,5 cm e peso de 9,5 g. Valores semelhantes foram encontrados por Bora et al. (1991), para frutos procedentes de Itabaiana-PB, verificando-se que, em geral, o comprimento, diâmetro e espessura de polpa são maiores em frutos maduros e parcialmente maduros do que em frutos considerados totalmente desenvolvidos, porém ainda verdes, atribuíram à alterações metabólicas durante o amadurecimento.

Com relação aos atributos físico-químicos para frutos da cajazeira os valores de sólidos solúveis podem variar de 12,13 a 16,73% e para acidez titulável os valores variam de 1,77 a 2,14 % de ácido cítrico (LIRA JÚNIOR et al., 2008).

Oliveira et al. (2000) avaliando o perfil químico de qualidade de polpas congeladas de cajá produzidas e comercializadas no Estado da Bahia observaram média de 4,93 % de açúcares solúveis totais. Valores ainda menores foram registrados por Bastos et al. (1999) fazendo uma análise qualitativa e tecnológica da agroindústria de polpa de fruta na região Nordeste, observando variações de 1,03 a 6,84 % e média de 3,54 %.

2.3. Potencial de utilização

O cajá (*Spondias mombin* L.), dentre as espécies do gênero *Spondias* é uma das que vêm ganhando mercado e prometendo se tornar uma fruta de grande valor econômico. Essa fruta vem despertando interesse não apenas para o mercado regional, mas também, em outros locais do país onde é apreciada. É encontrada no nordeste do Brasil em abundância, em estado nativo e sem cuidados no cultivo, não existindo até o momento informações de plantio racional. Silva e Silva (1995) relataram que devido às potencialidades apresentadas pelo fruto da cajazeira, pode-se considerá-la como um recurso fitogenético importante para a região nordeste, onde as condições edafoclimáticas favorecem seu cultivo e produção.

A polpa do fruto da cajazeira é constituinte que assume posição de destaque no tocante ao aspecto comercial, em função do aroma, sabor e palatabilidade que oferece ao ser degustado nas mais variadas formas. Frutos comercializados em feiras livres ou destinados ao abastecimento da indústria processadora apresentam rendimento médio de polpa em torno de 45-50%, geralmente, com algumas restrições no tocante à qualidade, em virtude da desuniformidade de maturação existente entre frutos (BOSCO et al., 2000).

Os frutos da cajazeira possuem excelente sabor e aroma, além do rendimento acima de 60 % em polpa, e por isso são amplamente utilizados na fabricação de sucos, néctares, sorvetes, geléias, vinhos e licores. Devido a sua acidez não é consumido ao natural. Na região Sul da Bahia, a polpa de cajá é a que possui maior demanda entre as polpas de frutas comercializadas, entretanto, a sua industrialização é totalmente dependente das variações das safras, considerando a forma de exploração extrativa e a grande perda de frutos devido à problemas de colheita e transporte. Desse modo, apesar da polpa do cajá despertar interesse em outras regiões do país, a atual produção industrializada não é suficiente para atender o mercado consumidor do Norte e Nordeste (SACRAMENTO e SOUZA, 2000).

A crescente demanda pelos frutos das *Spondias* e seus produtos processados vem aumentando e pode contribuir para a economia da Região Nordeste, se cultivados de forma racional. O interesse nesses frutos e em seus produtos pode significar um fornecimento regular para o mercado interno e externo, além de representar mais uma fonte de renda para os médios e pequenos produtores da região (MACIEL e GUERRA, 2008).

A transformação de frutos em produtos possibilita absorver grande parte da colheita, favorecendo o consumo destas durante o ano todo e a redução do desperdício de alimentos. De acordo com vários estudos realizados com frutos de cajazeiras, o rendimento médio destes, de diversas localidades, varia de 56,07 a 73,27%, seguindo um fluxograma, no qual os frutos

passam por uma seleção, lavagem, despulpamento, refino, envasamento ou ensacamento, pasteurização e congelamento (MACIEL e GUERRA, 2008).

Conforme a Portaria nº 136 de 01/04/1999, o Ministério da Agricultura e do Abastecimento define e estabelece os padrões de Identidade e Qualidade para polpa de cajá, como produto não fermentado e não diluído obtido da parte comestível do cajá através de processos tecnológicos adequados com teor mínimo de sólidos solúveis de 9,0%, acidez expressa em ácido cítrico de no mínimo 0,90 mg/100g, pH em torno de 2,2, açúcares totais com máximo de 12 mg/100g e sólidos totais de no mínimo 9,5 mg/100g (BRASIL, 1999).

Tendo em vista que o processamento de frutas, representa ainda um pequeno percentual da cadeia alimentar, sendo a maior parte da produção comercializada na forma *in natura*, pesquisas sobre o desenvolvimento de novos produtos de frutas tropicais, geralmente ricas em compostos antioxidantes, devem ser estimulados para que possam desenvolver políticas públicas que viabilizem plantios comerciais destas frutas, permitindo assim um melhor aproveitamento, distribuição e comercialização (MACIEL e GUERRA, 2008).

2.4. Compostos bioativos e atividade antioxidante

2.4.1 Espécies reativas de oxigênio e radicais livres

As moléculas orgânicas e os átomos que contêm um ou mais elétrons não pareados, com existência independente, podem ser classificados como radicais livres (HALLIWELL, 1994). Essa configuração faz dos radicais livres moléculas altamente instáveis, com meia-vida curtíssima e quimicamente muito reativas. A presença dos radicais é crítica para a manutenção de muitas funções fisiológicas normais (POMPELLA, 1997).

A molécula de oxigênio, além de atuar como aceptor final de elétrons na cadeia respiratória mitocondrial (VOET et al., 2001), pode ainda originar espécies químicas capazes de reagir com as demais biomoléculas, principalmente proteínas e fosfolípidos, inativando-as e, assim, prejudicando o metabolismo intracelular. Essas substâncias originadas a partir do oxigênio são chamadas de radicais livres (COOPER et al., 2002).

Os radicais livres podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana e o seu alvo celular (proteínas, lípidos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (ANDERSON, 1996; YU e ANDERSON, 1997).

As espécies reativas de oxigênio incluindo os radicais superóxidos ($O_2^{\bullet-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radicais hidroxil ($OH^{\bullet}$) e o oxigênio singlete (1O_2) são gerados como

subprodutos normais do metabolismo. O incremento dos níveis dessas espécies reativas de oxigênio ou radicais livres cria o estresse oxidativo, que podem levar a lesões bioquímicas e fisiológicas gerando danos oxidativos nos lipídeos, proteínas, ácidos nucleicos e eventualmente resultam na morte das células (RICE-EVANS e MILLER, 1996).

A formação de radicais livres *in vivo* ocorre via ação catalítica de enzimas, durante os processos de transferência de elétrons que ocorrem no metabolismo celular e pela exposição de fatores exógenos. Contudo, na condição de pró-oxidante a concentração desses radicais pode aumentar devido à maior geração intracelular ou pela deficiência dos mecanismos antioxidantes (CERUTTI, 1994). O desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes que resulta na indução de danos celulares pelos radicais livres tem sido chamado de estresse oxidativo (SIES, 1993).

A ocorrência de um estresse oxidativo moderado, frequentemente é acompanhada do aumento das defesas antioxidantes enzimáticas, mas a produção de uma grande quantidade de radicais livres pode causar danos e morte celular (ANDERSON, 1996).

Os danos oxidativos podem ser uma das causas que desencadeiam doenças degenerativas tais como câncer, doenças cardíacas, doenças inflamatórias, doença do sistema imunológico, disfunções neurológicas e cataratas. O consumo freqüente de frutas e hortaliças tem sido associado com a baixa incidência destas doenças degenerativas, e esse efeito protetor tem sido relacionado com a presença de vários compostos antioxidantes presentes nestes alimentos. Dentre estes compostos pode-se destacar os polifenóis que incluem os flavonóides antociânicos e não antociânicos (flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavanonas, flavanóis e chalconas). Além dos danos oxidativos em sistemas biológicos, a exposição à luz de alimentos e bebidas pode levar a diminuição de sua qualidade, produzindo descoloração, formação de *off-flavour*, perda de nutrientes e formação de produtos de oxidação que são potencialmente tóxicos (BEKBÖLET, 1990; YILDRIM, MAVI e KARA, 2002).

2.4. 2 Defesa antioxidante

A produção contínua de radicais livres durante os processos metabólicos levou ao desenvolvimento de muitos mecanismos de defesa antioxidante para limitar os níveis intracelulares e impedir a indução de danos (SIES, 1993). Os antioxidantes são responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células.

Antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação. A

atividade antioxidante de compostos fenólicos é principalmente devida às suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio triplete e singlete ou decompondo peróxidos. Em geral, existem duas categorias básicas de antioxidantes: os naturais e os sintéticos (BRENNNA e PAGLIARINI, 2001; ZHENG e WANG, 2001). Esses agentes que protegem as células contra os efeitos dos radicais livres podem ser classificados em antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos (SIES, 1993).

Os mecanismos endógenos de defesa (ou mediadores de redox a exemplo das enzimas: superóxido dismutase, catalase, peroxidase e metaloproteínas) podem ser auxiliadas favoravelmente com a introdução de antioxidantes por meio da dieta. (BRENNNA e PAGLIARINI, 2001; YILDRIM, MAVI e KARA, 2002).

Os antioxidantes atuam em diferentes níveis de proteção dos organismos. O primeiro mecanismo de defesa contra os radicais livres é impedir a sua formação, principalmente pela inibição das reações em cadeia com o ferro e o cobre. Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e perda da integridade celular. Os antioxidantes obtidos da dieta, tais como as vitaminas C, E e A, os flavonóides e carotenóides são extremamente importantes na interdição dos radicais livres. Outro mecanismo de proteção é o reparo das lesões causadas pelos radicais. Esse processo está relacionado com a remoção de danos da molécula de DNA e a reconstituição das membranas celulares danificadas (BIANCHI e ANTUNES, 1999).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Foi descoberto que uma série de doenças entre as quais câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, AIDS, doenças do coração, podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio extremamente reativas denominadas de “substâncias reativas oxigenadas” ou simplesmente ROS. Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo (BRENNNA e PAGLIARINI, 2001; YILDRIM, MAVI e KARA, 2002).

As ROS's são, na verdade, as várias formas de oxigênio ativado (singlete), entre as quais se incluem os denominados radicais livres. Nos organismos vivos as várias formas de ROS's podem ser constituídos de diversas maneiras. Por exemplo, nas fontes exógenas

produtoras de radicais livres inclui-se a fumaça do tabaco, radiações ionizantes, solventes orgânicos e pesticidas (YILDRIM, MAVI e KARA, 2002)

A importância concernente ao desempenho dos antioxidantes *in vivo* depende dos fatores: tipos de radicais livres formados; onde e como são gerados esses radicais; análise e métodos para a identificação dos danos, e doses ideais para obter proteção (BIANCHI e ANTUNES, 1999).

2.4.2.1 Métodos de avaliação da atividade antioxidante

A diversidade química existente entre os compostos antioxidantes, em especial entre os compostos fenólicos, impõe a necessidade de avaliar a capacidade antioxidante por diversos ensaios, com mecanismo de ação diferente. Neste sentido, vários ensaios têm sido desenvolvidos, alguns deles determinam a habilidade do antioxidante em sequestrar espécies reativas geradas no meio da reação. Outros avaliam a eficiência do antioxidante em inibir a peroxidação lipídica por meio da quantificação dos produtos da reação - dienos conjugados e hidroperóxidos; quantificação dos produtos da decomposição da peroxidação lipídica, ou medição da inibição da oxidação do lipídio do sistema pelo antioxidante a ser testado (FRANKEL; MEYER, 2000; ANTOLOVICH et al., 2002; GIADA; MANCINI-FILHO, 2004).

Estes ensaios diferem tanto em relação ao mecanismo de reação, como no que se refere às espécies-alvo, às condições em que ocorre a reação e na forma de expressar os resultados. Dentre os métodos que determina a habilidade dos antioxidantes em sequestrar radicais, destacam-se aqueles que envolvem um radical cromóforo, simulando as espécies reativas de oxigênio, dos quais os mais utilizados são o DPPH• (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e o ABTS+• [2,2'-azino-bis(3-etil-benzolona-6-sulfonato)]. Estes métodos, por serem práticos, rápidos e sensíveis, são amplamente empregados (ARNAO, 2000).

Dentre os ensaios que utilizam lipídios como substrato destaca-se o método da co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico o qual foi utilizado para determinar a atividade antioxidante dos genótipos de cajazeiras deste estudo.

O sistema da co-oxidação β -caroteno/ácido linoléico para determinação da atividade antioxidante de extratos de alimentos foi primeiramente empregado por MARCO (1968) e modificado por (HAMMERSCHMIDT E PRATT, 1978). Neste método, os produtos da degradação do ácido linoléico pela oxidação, devido a diferentes indutores (luz, oxigênio,

calor), são medidos indiretamente pela taxa de destruição oxidativa do β -caroteno (ANTOLOVICH et al., 2002; DUARTE- ALMEIDA et al., 2006)

A determinação é efetuada a 470 nm, na presença e na ausência de um antioxidante. É um método simples, sensível, mas não específico (substâncias oxidantes ou redutoras interferem no ensaio) (FRANKEL, 1993). A co-oxidação do β -caroteno é normalmente efetuada num meio emulsionado, o que origina muitas vezes falta de reprodutibilidade dos valores de absorvência medidos (BERSET e CUVELIER, 1996; VON GADOW et al., 1997). Entretanto, esse método é amplamente usado, como não recorre a altas temperaturas, permite a determinação do poder antioxidante de compostos termo-sensíveis e a avaliação qualitativa da eficácia antioxidante de extratos vegetais (BERSET e CUVELIER, 1996).

A atividade antioxidante de frutas in natura (açaí, acerola, amora e morango) comercializadas na Ceagesp-SP foram também avaliadas por Duarte-Ameida et al. (2006) utilizando o sistema β -caroteno/ácido linoléico. Dentre as frutas estudadas o açaí apresentou a maior percentagem de inibição da oxidação, em torno de 70%, seguido da amora e morango e apenas a acerola apresentou atividade pró-oxidante.

Em um estudo realizado com o extrato das frutas açaí, acerola, morango e amora, foi testada a capacidade antioxidante desses extratos por meio do sistema β -caroteno/ácido linoléico. Os resultados verificaram que a acerola, conhecida por ter alta concentração de ácido ascórbico, apresentou percentual de inibição negativo, ou seja, atividade pró-oxidante. Isso pode se justificar pelo fato de o ácido ascórbico, após doar os 2 hidrogênios redutores, ficar passível de receber elétrons devido à formação do radical ascorbila, sendo esse um agente oxidante. Por outro lado, as amostras de morango, amora e açaí que contêm uma maior concentração de compostos polifenólicos apresentaram atividade antioxidantes elevadas (ALMEIDA et al., 2006).

De acordo com Lima et al. (2004), um estudo utilizando esse mesmo método, testou a capacidade antioxidante do broto do feijão-mungo, um alimento funcional, muito utilizado pelos chineses. Segundo o autor, esse tipo de vegetal apresenta um grande poder antioxidante, pela presença de compostos polifenólicos na sua composição. Os resultados mostraram que o vegetal apresentou atividade antioxidante com 48,07% de inibição. Segundo o autor, outros vegetais que apresentam compostos fenólicos em sua constituição também têm apresentado ação antioxidante em sistema modelo β -caroteno/ácido linoléico, a exemplo de pimenta de várias cultivares com 50,1% a 81,5%, extrato aquoso de canela com 68%, germe de trigo e ginseng com 64,9% e 69,1% de inibição da oxidação, respectivamente.

Dantas Júnior (2008) avaliando a atividade antioxidante por meio do sistema β -caroteno/ácido linoléico em diferentes genótipos de umbu, encontrou resultados de percentual de inibição da oxidação que demonstraram que o umbu possui elevada atividade antioxidante, apresentando proteção média de 81,30 %, sendo esse valor, entretanto, inferior ao apresentado pelo Trolox (92,65%), padrão utilizado na avaliação.

Silva (2008) em estudo da avaliação da atividade antioxidante por meio do sistema β -caroteno/ácido linoléico em diferentes genótipos de umbu-cajá, encontrou resultados que indicam que o umbu-cajá possui elevada atividade antioxidante, apresentando média geral equivalente a 60,93 % de inibição da oxidação.

2.4.3 Principais compostos bioativos

A figura abaixo mostra a subdivisão de compostos bioativos presentes em alimentos de origem vegetal (CARRATU e SANZINI, 2005).

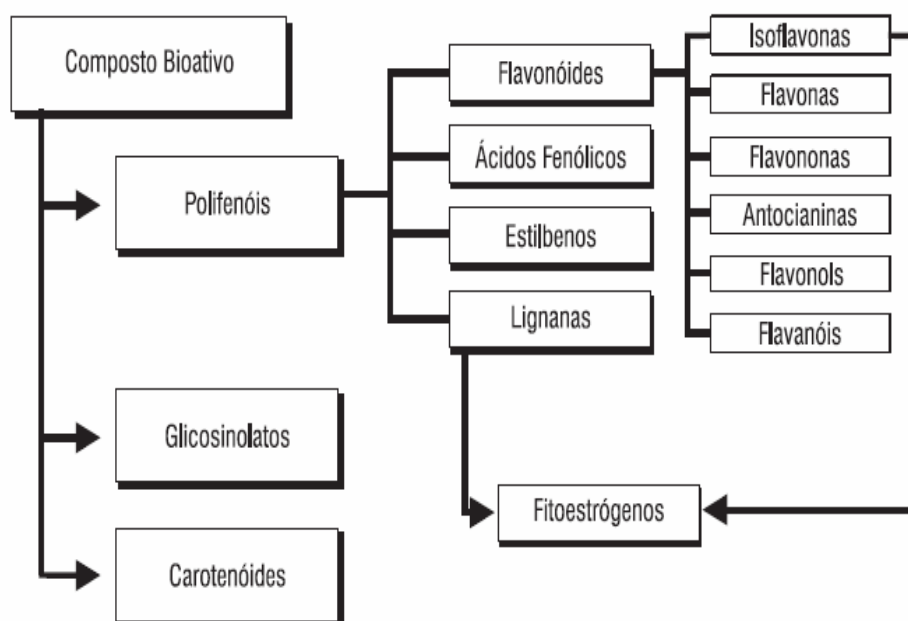


Figura 1. Subdivisão de compostos bioativos presentes em alimentos de origem vegetal (CARRATU e SANZINI, 2005).

2.4.3.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos e polifenólicos constituem um amplo grupo de substâncias químicas, considerados metabólitos secundários das plantas, com diferentes estruturas químicas e atividades, englobando mais de 8000 compostos distintos. A distribuição dos compostos fenólicos nos tecidos e células vegetais varia consideravelmente de acordo com o tipo de composto químico, situando-se no interior das células e na parede celular (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000).

Nos últimos anos, este grupo tem sido motivo de muitos estudos, pois foram identificados como compostos que trazem diversos benefícios à saúde, variando da prevenção da cárie até ao câncer. Muito se têm dito a respeito da funcionalidade dos polifenóis que apresentam características anticarcinogênicas, antiaterogênicas, antitrombóticas, antimicrobianas, vasodilatadora e analgésica. Os polifenóis exercem estes benefícios muito provavelmente pelo seu poder antioxidante (WOLLGAST e ANKLAN, 2000).

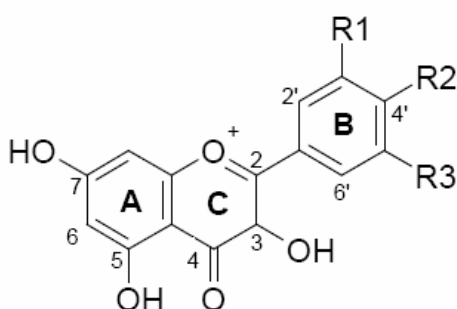
Os polifenóis podem ser classificados em dois grupos: extraíveis e não extraíveis. Os extraíveis são compostos de baixo ou médio peso molecular que podem ser extraídos empregando diferentes solventes aquosos e aquoso-orgânicos. Os não-extraíveis são compostos de elevado peso molecular ou polifenóis unidos a fibra dietética ou a proteínas que podem ser encontrados nos resíduos das extrações (BRAVO et al., 1993; BRAVO et al., 1994).

Dentre os compostos fenólicos destacam-se os ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido cafeico, ácido elágico), estilbenos (resveratrol), cumarinas (sabandinol, sabandinona, escopoletina), taninos (galotaninos, elagitaninos) e flavonóides.. Estes compostos se dividem em dois grandes grupos: antocianinas e flavonóides não antociânicos (conhecidos também como antoxantinas), que por sua vez estão subdivididas em cinco grandes subclasses: flavanas (catequinas, epicatequinas e teaflavinas), flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, rutina, miricetina e kaempferol), flavanonas (hesperidina, narirutina, naringina e nepohesperidina) e isoflavonas (daidzeína, daidzina, genisteína, genistina, gliciteína, glicitina) (Figura 2). A grande variedade estrutural se deve ao fato deles estarem ligados com grupos hidroxilas, metoxilas e estarem ou não conjugados com diferentes açúcares, os quais podem ainda estar ou não acilados com diferentes ácidos (HEIM et al., 2002).

As propriedades biológicas dos polifenóis dependem da sua biodisponibilidade. Uma evidência indireta de sua absorção pelo intestino é o aumento da capacidade antioxidante do plasma após o consumo de alimentos que contêm esses compostos. Porém a absorção é

variável, pois os polifenóis apresentam uma considerável diversidade estrutural, que influencia em sua biodisponibilidade. Ácidos fenólicos são facilmente absorvidos pelo intestino. Entretanto alguns flavonóides que apresentam alto peso molecular, como as proantocianidinas, são pouco absorvidos. Estimativas mais precisas sobre a biodisponibilidade de alguns compostos polifenólicos podem ser obtidas pela concentração plasmática e urinária de metabólitos após a ingestão de compostos puros ou de gêneros alimentícios, sabidamente fontes do composto de interesse (SCALBERT e WILLIANSO, 2000).

FLAVONÓIS

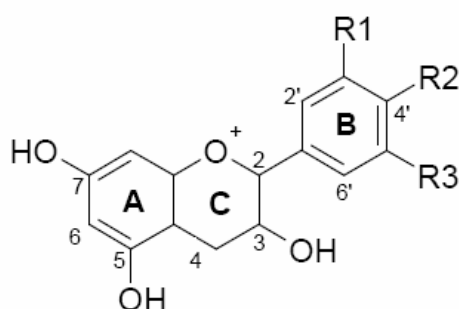


R1=R2=R3=OH: Miricetina

R2=OH, R1, R3=H: Kaempferol

R1=R2=OH, R3=H: Quercetina

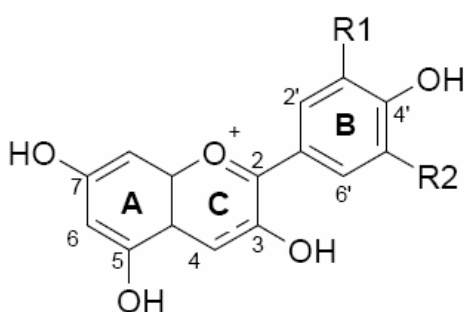
FLAVANÓIS



R1=R2=OH, R3=H: Catequina

R1=R2=R3=OH: galocatequina

ANTOCIANINAS



R1=R2=H: Pelargonidina

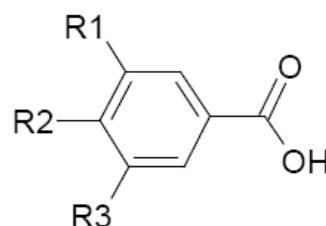
R1=OH, R2=H: Cianidina

R1=R2=OH: Delfinidina

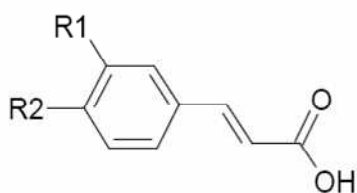
R1=OCH₃, R2=OH: Petunidina

R1=R2=OCH₃: Malvidina

ÁCIDO HIDROXIBENZÓICO



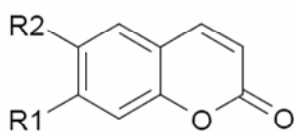
R1=R2=R3=OH: Ácido gálico

ÁCIDOS HIDROXICINÂMICO

R1=OH: Ácido cumárico

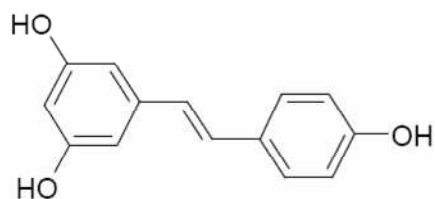
R1=R2=OH: Ácido cafeico

R1=OCH₃, R2=OH: Ácido ferrúlico

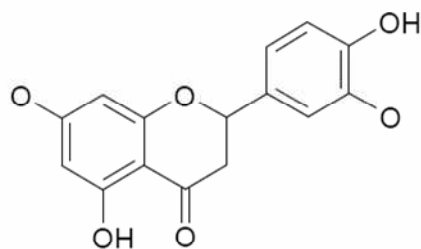
CUMARINAS

R1=OH, R2=MeO: Escopoletina

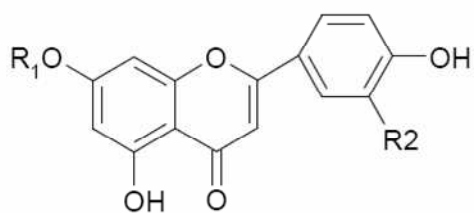
R1=R2=OH: umbeliferona

ESTILBENOS

Resveratrol

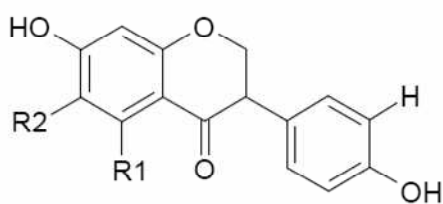
FLAVANONA

naringina

FLAVONA

R1=R2=H: apigenina

R1=H, R2=OH: luteolina

ISOFLAVONA

R1=OH: genisteína

R2=H₃CO: gliciteína

Figura 2. Estrutura química dos principais representantes dos polifenóis (HEIM et al., 2002).

Os compostos fenólicos de fontes vegetais podem ser divididos em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais. Os denominados de flavonóides são os que apresentam a estrutura química descrita como C6-C3-C6. Os compostos denominados de não flavonóides são classificados como: os derivados das estruturas químicas C6-C1 específicas dos ácidos hidroxibenzóico, gálico e elágico; os derivados das estruturas químicas C6-C3 específicas dos ácidos caféico e p-cumárico, hidroxicinamatos e os derivados das estruturas químicas C6-C2-C6 específicas do trans-resveratrol, cis-resveratrol e trans-resveratrol-glucosídeo (MELO e GUERRA, 2002; BURNS et al., 2001).

Hassimotto et al. (2005) pesquisando a atividade de antioxidante de frutas, legumes e polpas de frutas congeladas comercializadas determinaram o teor de polifenóis totais, encontrando os seguintes valores para polpas de frutas congeladas: polpa de acerola (861,1 mg/100g), caju (234 mg/100g), amora (225 mg/100g), graviola (120 mg/100g), goiaba vermelha (119 mg/100g) e murici (67 mg/100g).

Kuskoski et al. (2006) estudando a atividade antioxidante em polpa de frutas tropicais concluíram que as polpas de frutos tropicais comercializadas congeladas no Brasil possuem elevadas capacidades antioxidantes, destacando nesse sentido a acerola e manga, atribuindo esta capacidade antioxidante ao elevado conteúdo de compostos fenólicos e as antocianinas. Esses autores reportaram os seguintes valores para fenólicos totais: polpa de acerola (580,1 mg/100 g), polpa de manga (544,9 mg/100 g).

Pearson et al. (1999) demonstraram que os fenólicos presentes em suco comercial e extrato fresco de maçãs (casca, polpa e fruta inteira) inibiram, in vitro, a oxidação de LDL humana. A atividade antioxidante apresentada por vários vegetais, incluindo frutos, folhas, sementes e plantas medicinais, está correlacionada ao seu teor de compostos fenólicos totais (VELIOGLU et al., 1998).

2.4.3.1.1 Compostos fenólicos tipo flavonóides

A estrutura dos flavonóides está baseada no núcleo flavilium, o qual consiste de três anéis fenólicos. O benzeno do primeiro anel é condensado com o sexto carbono do terceiro anel que na posição 2 carrega um anel de fenil-benzeno como substituinte. O terceiro anel pode ser um pirano heterocíclico, gerando as estruturas básicas das leucoantocianinas (ou proantocianinas ou catequinas) e as antocianidinas, denominado de núcleo flavan. No caso do

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

Exceto o grupo das leucoantocianinas, os demais flavonóides ocorrem em plantas sempre acompanhadas por glicídios, que recebe a denominação de glico-flavonóide. Quando se apresentam isentos de glicídios, a estrutura recebe o nome de aglicona (AHERNE e O'BRIEN, 2002).

No caso dos taninos, os mesmos são classificados em dois grupos principais, cujas estruturas são muito diferentes entre si, embora todos tenham molécula poli-hidroxifenóis ou seus derivados. Os pertencentes ao primeiro grupo são denominados taninos hidrolisáveis, que incluem os galitaninos e os elagitaninos, polímeros derivados dos ácidos gálico e elágico. Este grupo de taninos é comumente utilizado para a curtição de couros (FENNEMA, 1993; MELO e GUERRA, 2002).

O outro tipo de taninos é denominado de taninos condensados e são encontrados em maior quantidade e de maior importância em alimentos. Apresentam uma estrutura semelhante aos flavonóides, com coloração variando do vermelho ao marrom. A presença de pequenas quantidades de taninos em frutos confere-lhes características sensoriais desejáveis, ditas como “o corpo da fruta”. No entanto, quantidades maiores conferem aos frutos e outros alimentos características adstringentes. A sensação de adstringência é gerada devido à propriedade que os taninos apresentam de precipitar proteínas (BOBBIO e BOBBIO, 2003).

2.4.3.1.1.1 Antocianinas

As antocianinas são pigmentos naturais pertencentes à classe dos compostos flavonóides e têm como unidade estrutural básica o cátion flavílium, também denominado como 2-fenilbenzopirílium (Figura 3). Amplamente difundidos na natureza, estes pigmentos são derivados polihidroxilados do íon flavílium e se encontram sempre glicosilados devido a sua grande instabilidade na forma livre (KONCZAK e ZHANG, 2004). Esta molécula na forma livre, sem a ligação éster com o açúcar, recebe o nome de aglicona ou antocianidina. Várias combinações químicas entre a estrutura básica C6-C3-C6, e os glicosídeos e/ou ácidos, além da remoção ou adição de grupos hidroxílicos e metoxílicos, são responsáveis pela infinidade de cores observadas em flores e frutos (PAZMIÑO-DURÁN et al., 2001; KONCZAK e ZHANG, 2004).

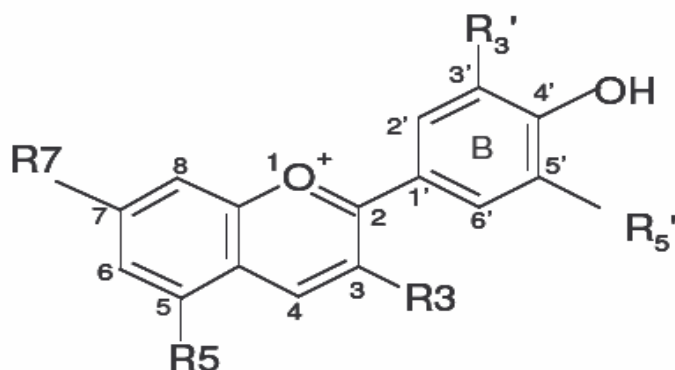


Figura 3. Estrutura do íon flavílium ou 2-fenil-benzopirílium (KONCZAK e ZHANG, 2004).

Mazza e Miniati (1993) mencionaram a existência de 17 antocianidinas (resumidas na Tabela 1), com diferenças no número e posição dos grupos hidroxilas e/ou metoxilas, porém apenas seis delas são mais freqüentemente encontradas em alimentos. A partir destas 17 estruturas, são formadas as antocianinas, que são as moléculas resultantes da esterificação das antocinidinas com pelo menos uma molécula de açúcar.

Tabela 1. Diferenças nas antocianidinas quanto ao número e posição dos grupos hidroxilas.

Antocianidina	C-3	C-5	C-6	C-7	C-3'	C-4'	C-5'	Cor ^a
Apigenidina	H	OH	H	OH	H	OH	H	L
Aurantidinina	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	L
Capensinidina	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OMe	VA
Cianidina ^b	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	VL
Delfinidina ^b	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	VA
Europinidina	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OH	VA
Hirsutidina	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	OMe	VA
6-Hidroxicianidina	OH	OH	OH	OH	OH	OH	-	V
Luteolinidina	H	OH	H	OH	OH	OH	H	L
Malvidina ^b	OH	OH	H	OH	OMe	OMe	OMe	VA
5-Metilcianidina	OH	OMe	H	OH	OH	H	-	VL
Perlaconidina ^b	OH	OH	H	OH	H	OH	H	L
Peonidina ^b	OH	OH	H	OH	OMe	OH	H	VL
Petunidina ^b	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OH	VA
Pulchelidina	OH	OMe	H	OH	OH	OH	OH	VA
Rosinidina	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	H	V
Tricetinidina	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	V

^a L: laranja, V: vermelho, VL: vermelho alaranjado e VA: vermelho azulado.

^b Antocinidinas mais freqüentemente encontradas na natureza, inclusive nos alimentos.

Fonte: MAZZA e MINIATI (1993).

A diversidade destes açúcares, bem como, os vários pontos de glicosilação das antocianidinas, elevam consideravelmente o número de antocianinas formadas. Sendo que estas últimas também podem ser classificadas de acordo com o número de açúcares que as constituem (mono, di ou triglicosídeos) (MAZZA e MINIATI, 1993). Os açúcares mais comuns são os monossacarídeos, tais como glicose, ramnose, arabinose e galactose. Também são encontrados di e trissacarídeos formados pela combinação destes quatro monossacarídeos (BROUILLARD, 1982; COULTATE, 2004).

As antocianinas podem ser glicosiladas pelos diferentes açúcares nas posições 3, 5 e 7, com raras exceções, normalmente estão glicosiladas na posição

3. Entretanto, alguns poucos estudos observaram a presença de açúcares em antocianinas, ligados às posições 3', 5' e 7' do anel B (HARBORNE e WILLIAMS, 1998), isso se deve porque impedimentos estéricos dificultam a glicosilação nestas posições (BROUILLARD, 1982; COULTATE, 2004).

Já os grupos metoxila normalmente estão presentes nas posições 3' e 5', mas podem ser encontrados com menor frequência nas posições 7 e 5. Nunca foi observada uma antocianina natural que apresentasse, simultaneamente, substituição nas posições 5, 7 e 4', seja por açúcares ou por metoxilas. Isso se deve ao fato de que pelo menos um destes grupos hidroxila deve permanecer livre, por serem essenciais para a formação da base quinoidal ou anidrobases. Esta estrutura colorida é a responsável pela pigmentação de muitas flores e frutos (BROUILLARD, 1982; FENNEMA, 1993; COULTATE, 2004).

Em muitos casos, os açúcares das antocianinas estão acilados por ácidos orgânicos, os quais estão, normalmente, ligados ao carbono 3 do açúcar (BROUILLARD, 1982). Os ácidos aromáticos mais comumente encontrados são o cumárico, cafeíco, ferúlico e p-hidroxibenzóico; e dentre os alifáticos são observados com maior frequência o sinápico, malônico, acético, succínico, oxálico e málico (MAZZA e BROUILLARD, 1987).

Nos últimos anos, o interesse por esses pigmentos se intensificou uma vez que pesquisas têm demonstrado que as antocianinas e suas respectivas agliconas são compostos bioativos e que, entre os vários outros efeitos fisiológicos, possuem capacidade antioxidante (KÄHKÖNEN e HEINONEN, 2003) e propriedade antiinflamatória (SEERAM et al., 2001), promovem vaso-dilatação (BURNS et al., 2000), atuam na prevenção da hiperglicemia (MATSUI et al., 2002), estimulam a secreção de insulina (JAYAPRAKASAM et al., 2005), melhoram a adaptação da visão noturna e previnem a fadiga visual (NAKAISHI, 2000). Recentemente Zhang, Vareed e Nair, (2005) constataram o efeito inibitório da cianidina, delfinidina, pelargonidina, petunidina e malvidina na proliferação de células humanas cancerígenas, originadas em diferentes partes do corpo: estômago, cólon, mama, pulmão e sistema nervoso central.

Kuskoski et al. (2004) estudaram a atividade antioxidante de pigmentos antocianínicos em condições ambiente por meio do método de descoloração do radical ABTS+ (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina- 6-sulfonato). Os resultados obtidos demonstraram que estes pigmentos apresentam atividade antioxidante potencial, a qual varia conforme as diferentes substituições hidroxílicas e metoxílicas na molécula. Das antocianinas analisadas, agliconas com dois grupamentos OH substituídos no anel B (pelargonidina-3-glicosídeo, peonidina-3-

glicosídeo e malvidina-3-glicosídeo) apresentaram maior atividade antioxidante do que aqueles com apenas um grupo OH no anel B (delfinidina e cianidina-3-glicosídeo).

2.4.3.1.1.2 Antoxantinas

O caráter fenólico das antoxantinas confere a esses flavonóides a capacidade de seqüestrar metais (agentes quelantes), fazendo com que possam ter função antioxidante em óleos e gorduras (BOBBIO e BOBBIO, 2003).

Pelo seu possível valor antioxidante de óleos e gorduras, os flavonóides têm despertado interesse em seu caráter polifenólico dos flavonóides e sua capacidade para seqüestrar metais. No entanto, sua limitada solubilidade em meio oleoso limita seu emprego (FENNEMA, 1993).

Os flavonóis quercetina, caferol e miricetina se apresentam em grandes quantidades no chá preto em pó, sendo os responsáveis pela sua adstringência. A rutina forma um complexo com o ferro produzindo uma coloração escura em aspargos enlatados e com estanho uma coloração amarela (FENNEMA, 1993).

As isoflavonas ou fitoestrógenos são encontrados no grão de soja, brotos de alfafa, sementes de linhaça, trevo vermelho e outros vegetais. Sua maior concentração é observada no gérmen dos grãos de soja. Estes compostos apresentam as atividades antioxidantes, bactericida, antifúngica, anticarcinogênica, antiinflamatória, antimutagênica, antihipertensiva, antiviral, antiproliferativa, estrogênica e às vezes antiestrogênica (FERREIRA, 2002).

O consumo de soja e subprodutos derivados faz com que as isoflavonas presentes sejam hidrolisadas por glicosidases intestinais, liberando suas formas biologicamente ativas: agliconas, daidzeína, genisteína e gliciteína, todas com efeitos benéficos para o organismo humano. Os efeitos relacionados à atividade estrogênica (100 vezes inferior à do b-estradiol) foram confirmados por diversos estudos. Em presença de estrogênios humanos, as isoflavonas funcionam como antiestrógenos, competindo com os hormônios por seus receptores nas células-alvo, e evitando que estes exerçam seus efeitos negativos. Na ausência ou insuficiência daqueles (menopausa) apresentam efeito estrogênico, substituindo-os e aliviando os sintomas indesejáveis da menopausa, tais como risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, aterosclerose e osteoporose. Assim, as isoflavonas vêm despertando atenção de mulheres climatéricas para as quais a terapia de reposição hormonal é desaconselhável (PARK, 2001).

2.4.3.1.2 Compostos fenólicos tipo não flavonóides

Os ácidos fenólicos estão reunidos em dois grupos, a saber: derivados do ácido hidroxicinâmico e derivados do ácido hidroxibenzóico. Os derivados do ácido hidroxicinâmico são compostos fenólicos de ocorrência natural que possuem um anel aromático com uma cadeia carbônica, constituída por 3 carbonos ligada ao anel. Os ácidos p-cumárico, ferúlico, caféico e sináptico são os hidroxicinâmicos mais comuns na natureza. Estes ácidos existem nas plantas, usualmente na forma de ésteres, a exemplo do ácido clorogênico, éster do ácido quínico, cuja molécula é constituída pelo ácido quínico esterificado ao ácido caféico. Também são encontrados na forma de glicosídeos ou ligados a proteínas e a outros polímeros da parede celular e, raramente, como ácidos livres. Isômeros do ácido clorogênico e do ácido caféico são descritos como antioxidantes (DURÁN e PADILLA, 1993; SOARES, 2002).

No grupo dos ácidos hidroxibenzóicos, compostos que possuem grupo carboxílico ligado ao anel aromático, destacam-se os ácidos protocatecuíco, vanílico, siríngico, gentísico, salicílico, elágico e gálico. Esses dois grupos de ácidos fenólicos têm apresentado propriedades antioxidantes. Embora outras características também contribuam para a atividade antioxidante dos ácidos fenólicos e seus ésteres, esta é, geralmente, determinada pelo número de hidroxilas presentes na molécula (RAJALAKSMI e NARASIMHAN, 1995).

A hidroxila do ácido ferúlico existente na posição orto com o grupo metoxila, doador de elétrons, é um fator que aumenta a estabilidade do radical fenoxil e aumenta a eficiência antioxidante do composto (CUVELIER, RICHARD e BERSSET, 1992). A presença de uma segunda hidroxila na posição orto ou para, também aumenta a atividade antioxidante. O ácido caféico, que apresenta essa característica, possui uma atividade antioxidante maior do que o ácido ferúlico (CHEN e HO, 1997). O efeito seqüestrante do radical hidroxil parece estar diretamente relacionado aos grupos hidroxil localizados na posição para no anel aromático.

Os ácidos sináptico, ferúlico e p-cumárico são antioxidantes mais ativos do que os derivados do ácido benzóico, tais como ácido procatecuíco, siríngico e vanílico. Isso se deve à dupla ligação presente na molécula dos derivados do ácido cinâmico ($-\text{HC}=\text{CHCOOH}$), que participa da estabilização do radical por ressonância de deslocamento do elétron desemparelhado, enquanto que os derivados do ácido benzóico não apresentam essa característica (WANASUNDARA, AMAROWICZ e SHAHIDI, 1994).

2.4.3.2 Carotenóides

Os carotenóides constituem um dos mais importantes grupos de pigmentos na natureza, devido às suas numerosas funções, larga distribuição e diversidade estrutural (OLIVER e PALOU, 2000). Uma das suas principais funções é a atividade provitamínica A. A vitamina A é essencial para a diferenciação celular, a visão, o crescimento ósseo, a reprodução e a integração do sistema imunológico, sendo que sua deficiência resulta em anemia (LAYRISSE et al., 2000).

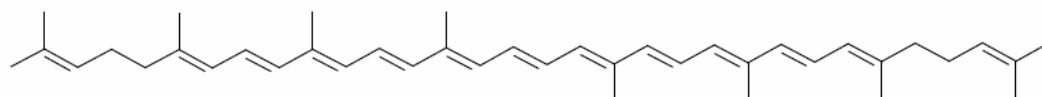
Os carotenóides, pigmentos responsáveis pelas cores alaranjadas dos vegetais, compreendem grande número de compostos, muitos dos quais com atividade biológica. Possuem estrutura química compostas por ligações duplas conjugadas e altamente insaturadas, que são responsáveis pela cor dos alimentos e por algumas de suas funções biológicas. Alguns carotenóides, como o α e β -caroteno, têm atividade pró-vitamina A. Outros, como o licopeno, não são precursores da vitamina A, mas agem no organismo como antioxidantes, na eliminação de espécies reativas do oxigênio formadas ou não no nosso metabolismo (DOWNHAM e COLLINS, 2000; MORTENSEN, 2004; CONSTANT, STRINGHETA, SANDI, 2002).

A estrutura básica dos carotenóides é de um tetraterpeno com 40 átomos de carbono, formado por oito unidades isoprenóides de cinco carbonos, ligados de tal forma que a molécula é linear com simetria invertida no centro. Ciclização, hidrogenação, desidrogenação, migração de duplas ligações, encurtamento ou alongamento da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de funções com oxigênio ou a combinação destes processos resultam na diversidade de estruturas dos carotenóides. A principal característica dos carotenóides é um sistema de ligações duplas conjugadas, que corresponde ao cromóforo, e que permite a estes compostos absorver luz na região do visível (RODRIGUES-AMAYA, 1999; FRASER e BRAMLEY, 2004).

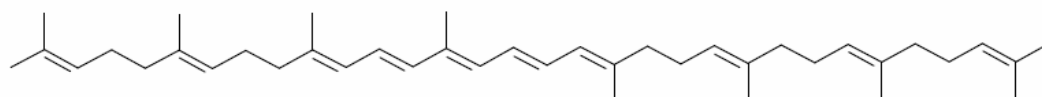
Os carotenóides são divididos em dois grandes grupos (Figura 4), os carotenos que quimicamente são hidrocarbonetos e as xantofilas que são derivados oxigenados. Neste último grupo estão incluídos pigmentos que possuem em sua estrutura grupos hidroxílicos, carbonílicos, carboxílicos e/ou epóxidos. Dependendo dos grupos terminais, os carotenóides podem ser também classificados como acíclicos, monocíclicos ou bicíclicos (RODRIGUES-AMAYA, 1999; FRASER e BRAMLEY, 2004). Muitas outras modificações estruturais ainda são possíveis permitindo a biossíntese de mais de 600 carotenóides na natureza (BRITTON,

1995). O número de carotenóides encontrados naturalmente continua aumentando e atualmente alcançou aproximadamente 750 (BRITTON et al., 2004).

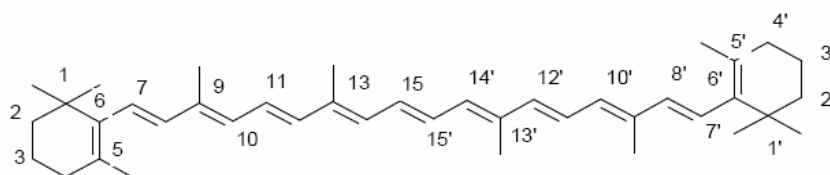
CAROTENOS



licopeno

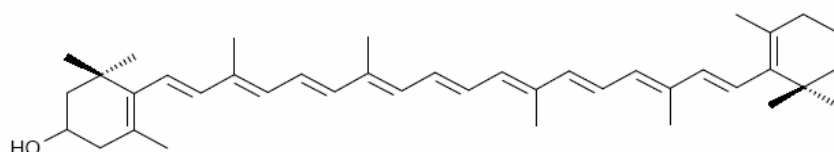


fitoflueno

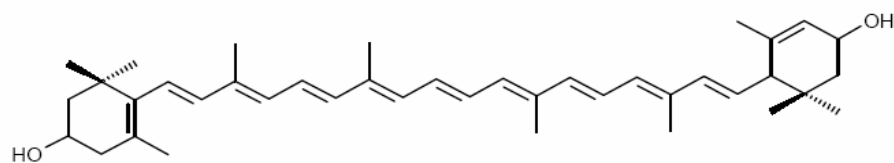


β -caroteno

XANTOFILAS



β -criptoxantina



Luteína

Figura 4. Estruturas dos principais carotenóides encontrados em frutas e hortaliças (GROSS, 1987; RODRIGUES-AMAYA, 1999; FRASER e BRAMLEY, 2004).

O conteúdo de carotenóides dos vegetais pode ser afetado por uma série de fatores como: o grau de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, as condições de processamento e armazenamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Os carotenóides parecem desempenhar alguns papéis fundamentais na saúde humana, sendo essenciais para a visão. Apesar de muitas hipóteses comprovadas, suas funções não estão completamente elucidadas *in vivo*. β -caroteno e outros carotenóides foram reconhecidos no século XX como as principais fontes de vitamina A. Mais recentemente, efeitos benéficos de carotenóides contra cânceres, doenças de coração e degeneração macular foram reconhecidos e estimularam intensas investigações sobre o papel desses compostos como antioxidantes e como reguladores de resposta do sistema imune (DELGADO-VARGAS, JIMÉNEZ, PAREDES-LÓPES, 2000).

Os carotenóides têm mostrado outras ações no sistema fisiológico e estão associados com a proteção de doenças crônicas (OLSON, 1999). Esses pigmentos têm sido implicados na prevenção e proteção contra uma série de doenças humanas como o câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular, catarata e infecções pelo vírus HIV (WILBERG e RODRIGUEZ-AMAYA, 1995; OLSON, 1999; OLIVER e PALOU, 2000). A ingestão de carotenóides, incluindo suplementos, é concebida como fator protetor contra uma larga variedade de cânceres humanos, como do cólon e reto, da próstata, do esôfago, do estômago e da cavidade oral (OLSON, 1999). Vários estudos mostram uma relação inversa entre as concentrações sanguíneas ou ingestão dietética de carotenos (principalmente β -caroteno) e o risco de doença cardiovascular (OSGANIAN et al., 2003).

Inicialmente, existia dúvida sobre o poder quimiopreventivo do beta-caroteno, se este estaria, realmente, associado ao beta-caroteno exclusivamente, ou se deveria ser atribuído à sua conversão em vitamina A que, por sua vez, promoveria a ação. Posteriormente, os estudos revelaram que o beta-caroteno não só possuía uma ação exclusiva, como esta era mais potente que a promovida pela vitamina A (WILLIS e WIAN, 2003).

O β -caroteno é um potente antioxidante com ação protetora contra doenças cardiovasculares. A oxidação do LDL-colesterol é fator crucial para o desenvolvimento da aterosclerose e o β -caroteno atua inibindo o processo de oxidação da lipoproteína (OSGANIAN et al., 2003; GALE et al., 2001).

O efeito antioxidante do β -caroteno está associado à degradação do pigmento e a perda de cor do alimento. A habilidade dos carotenóides em transformar o oxigênio reativo depende de diferenças entre as estruturas moleculares, como o número de duplas ligações entre os

carbonos, grupos finais (cíclicos ou acíclicos) e grupos funcionais substituintes nos anéis. A ordem decrescente, entre os carotenóides, da capacidade de extinção de oxigênio singlete é a seguinte: licopeno> α -caroteno> β -caroteno (STRINGHETA, VOLP e OLIVEIRA 2008).

O alfa-caroteno é descrito como supressor da tumorigênese na pele, no pulmão, no fígado e no cólon - demonstrando, inclusive, uma atividade de supressão superior à promovida pelo beta-caroteno, e age promovendo a cessação do ciclo de multiplicação celular. Sua atuação pode ser identificada, tanto no estágio de iniciação quanto na promoção do câncer (NISHINO et al., 2000; NISHINO et al., 2002).

O licopeno é um carotenóide encontrado, predominantemente, no tomate e em seus produtos, mas também na melancia vermelha e na goiaba. É amplamente descrito como o mais potente dos carotenóides, no que se refere à ação antioxidante (AGARWAL e RAO, 2000; GIOVANNUCCI, 1999).

Porrini et al (2005) demonstraram, recentemente, que a ingestão de carotenóides do tomate melhora o sistema de defesa antioxidante dos linfócitos, reduzindo a incidência de lesão ao DNA.

Estudos prospectivos recentes, em grupos populacionais, vêm consolidando a idéia da correlação entre alimentos que contêm licopeno com redução do risco ou progressão de muitas doenças, entre eles a hipertensão essencial e doenças cardiovasculares e os cânceres cervicais e de próstata (HASLER, 2002; CANENE-ADAMS et al., 2005; SHAMI e MOREIRA, 2004).

A hipertensão essencial (HE) é um dos problemas de saúde mais prevalentes nos países desenvolvidos. É um fator de risco inequívoco para a morbimortalidade cardiovascular, embora o mecanismo fisiopatológico exato para seu desenvolvimento ainda não esteja claro. Discute-se o papel do estresse oxidativo na patogênese da HE, o qual pode inativar o óxido nítrico e, dessa forma, prejudicar a vasodilatação endotélio-dependente. Níveis aumentados de espécies reativas de oxigênio comprometem a função endotelial, prejudicando a dilatação vascular, o que contribui para o desenvolvimento da HE. Ainda, a oxidação do LDL-colesterol promove a patogênese da aterosclerose, a qual é outro importante fator de risco para a morbidade cardiovascular (ENGELHARD, GAZER e PARAN, 2006).

A luteína e zeaxantina pertencem à grande classe dos pigmentos carotenóides. São mais polares que os outros carotenóides, devido à presença do grupo hidroxil na estrutura cíclica do anel (STRINGHETA, VOLP, OLIVEIRA 2008).

Diferentemente do alfa-caroteno, do beta-caroteno e da criptoxantina, a luteína e a zeaxantina não podem ser convertidas em vitamina A. Porém, evidências científicas recentes

estabelecem relação direta entre o consumo desses pigmentos e a proteção contra o desenvolvimento de doenças oftálmicas (degeneração macular e catarata), retinopatia diabética e câncer, dentre outras (DOWNHAM e COLLINS, 2000; MARES-PERÍMAN et al., 2002; MIRANDA et al., 2004).

Uma dieta rica em luteína e zeaxantina está relacionada com diminuição na incidência de cataratas. Essas xantofilas inibem a progressão de degeneração macular, prevenindo a formação de catarata, pois absorvem a luz visível. Filtram a luz azul, no espectro de 400 a 475nm, mas a zeaxantina é mais efetiva na absorção de espectros na região do visível, entre 400 e 500nm. Isso se verifica no espectro de absorção de luz de ambas substâncias. Ainda, a zeaxantina protege as camadas de fosfolípidios da membrana celular contra oxidação. Assim, tais pigmentos podem minimizar o dano devido ao estresse oxidativo por limitar o grau ao qual o oxigênio penetra nas membranas celulares (MARES-PERÍMAN et al., 2002).

Outros carotenóides, como a beta-criptoxantina, a fucoxantina, a crocetina, a capsantina e o fitoeno, têm sido pouco explorados, contudo, apontam para um potencial promissor, e merecem maiores investigações. Isso porque tem se tornado cada vez mais evidente que respostas de proteção não estão exclusivamente associadas a um único fator, mas à presença de múltiplos fatores atuando de forma articulada e/ou sinérgica, o que reforça a importância da variedade na composição das refeições, e expõe as limitações de proposições que valorizam, mais exclusiva e isoladamente, um ou outro componente específico da alimentação (NISHINO et al., 2002; LIU, 2004).

As frutas mais ricas em carotenóides biologicamente ativos são aquelas de cor, amarelo-alaranjada, principalmente, as frutas tropicais e subtropicais, como buriti, manga, mamão, cajá, damasco seco e goiaba (FRANCO, 2006; SILVA e NAVES, 2001).

A distribuição dos carotenóides em frutos é extremamente complexa e sujeita a consideráveis variações (GROSS, 1987). Alguns dados reportados, afirmam que os carotenóides são geralmente mais concentrados na película do que na polpa de alguns frutos. Em abacates, por exemplo, o teor de carotenóides totais na polpa variou de 10-14 $\mu\text{g. g}^{-1}$ de peso fresco enquanto na película o teor foi de 40 $\mu\text{g. g}^{-1}$ de peso fresco (GROSS et al., 1973).

Hamano e Mercadante (2001), em estudo da composição de carotenóides em produtos comerciais de cajá, encontraram para o suco integral de cajá valores de 16,71 $\mu\text{g.100g}^{-1}$ e 88,7 $\mu\text{g.100 g}^{-1}$ para carotenóides totais e vitamina A, respectivamente.

2.4.3.3 Vitaminas antioxidantes

As vitaminas são compostos orgânicos que variam amplamente quanto à estrutura química e atividade biológica, podendo funcionar tanto como cofatores de enzimas em diferentes reações bioquímicas, quanto como antioxidantes/oxidantes, modulando o balanço oxidativo, e até mesmo como hormônios, regulando a expressão gênica (OLSON,1996). Sendo assim, discute-se atualmente a eficácia da ingestão de quantidades elevadas de vitaminas para atender demandas além das suas funções nutricionais, no sentido de prevenção de doenças crônicas tais como as doenças cardiovasculares e o câncer (OLSON, 1996, HATHCOCK,1997).

Os estudos sobre os antioxidantes têm ressaltado, principalmente, o uso de nutrientes isolados no tratamento e prevenção de doenças. Entretanto, nos alimentos são encontrados uma grande variedade de substâncias que podem atuar em sinergismo na proteção das células e tecidos (HERCBERG et al., 1998). O efeito cooperativo entre as vitaminas C e E é freqüentemente mencionado na literatura, mostrando que a interação dessas vitaminas é efetiva na inibição da peroxidação dos lipídeos da membrana e na proteção do DNA (GEY, 1998).

2.4.3.3.1 Vitamina C

O ácido ascórbico é uma cetolactona de seis carbonos, sendo um potente agente redutor que se oxida facilmente e de modo reversível a ácido dehidroascórbico que ainda possui propriedades de vitamina C. A atividade biológica da vitamina C se perde quando o ácido dehidroascórbico se transforma pela compressão e abertura irreversível do anel lactônico em ácido 2,3-dicetoglucônico. Em solução aquosa o ácido ascórbico está em equilíbrio com o ácido dehidroascórbico. A oxidação ocorre por um mecanismo via radical livre; o ácido dehidroascórbico é mais instável que o ácido ascórbico e torna-se irreversivelmente destruído (GOLUBITSKII et al. 2007). Segundo Deutsch (2000), a oxidação do ácido ascórbico em ácido dehidroascórbico fornece dois átomos de hidrogênio que podem ser usados na redução de outros compostos biológicos significantes.

Os benefícios obtidos na utilização terapêutica da vitamina C em ensaios biológicos com animais incluem o efeito protetor contra os danos causados pela exposição às radiações e medicamentos (AMARA-MOKRANE et al., 1996). Os estudos epidemiológicos também atribuem a essa vitamina um possível papel de proteção no desenvolvimento de tumores nos

seres humanos (DUTHIE et al., 1996). Contudo, a recomendação de suplementação dessa vitamina deve ser avaliada especificamente para cada caso, pois existem muitos componentes orgânicos e inorgânicos nas células que podem modular a atividade da vitamina C, afetando sua ação antioxidante.

A vitamina C atua na fase aquosa como um excelente antioxidante sobre os radicais livres, mas não é capaz de agir nos compartimentos lipofílicos para inibir a peroxidação dos lipídeos. Por outro lado, estudos *in vitro* mostraram que essa vitamina na presença de metais de transição, tais como o ferro, pode atuar como uma molécula pró-oxidante e gerar os radicais H_2O_2 e $OH\cdot$. Geralmente, esses metais estão disponíveis em quantidades muito limitadas e as propriedades antioxidantes dessa vitamina predominam *in vivo* (ODIN, 1997).

Os possíveis efeitos anticarcinogênicos da vitamina C estão relacionados com sua habilidade em detoxicar substâncias carcinogênicas e sua atividade antioxidante (STAHL e SIES, 1997). Além disso, tem-se constatado que a vitamina C pode inibir a formação de nitrosaminas *in vivo* a partir de nitratos e nitritos usados como conservantes, sendo, portanto adicionada a muitos produtos alimentares industrializados para prevenir a formação desses compostos reconhecidamente carcinogênicos (BIANCHI e ANTUNES, 1999).

Por apresentar atividade antioxidante, a vitamina C é a primeira linha de defesa contra os radicais derivados do oxigênio em meio aquoso. Essa vitamina reage diretamente com superóxidos, radicais hidroxilas e oxigênio singlete. Tem grande importância fisiológica na participação em diversos eventos no organismo, como formação de tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, biossíntese de aminoácidos e prevenção de escorbuto. É considerado um antioxidante fisiológico versátil, pois pode exercer ação nos compartimentos intra e extracelulares (BENDICH e LANGSETH, 1995).

A vitamina C é encontrada em concentrações razoáveis em todas as plantas superiores (BOBBIO e BOBBIO, 1995). É encontrada em morango (95 mg/100g), mamão papaia (85 mg/100g), kiwi (75 mg/100g), laranja (70 mg/100g), suco de laranja -1/2 xícara (50 mg), pimentão-doce (65 mg/100g), brócolo (60 mg/100g), couve (55 mg/100 g) manga (45 mg/100 g), ervilhas frescas (40 mg/100 g) e batata (25 mg/100 g) (GOMES, 2002). As frutas são as principais fontes de vitamina C, destacando-se entre as frutas: camu-camu (1950mg/100g), acerola (1374mg/100g), caju (270mg/100g), goiaba (218mg/100g) (BUENO et al., 2002; SILVA e NAVES, 2001; YUYAMA et al., 2002).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, G.H.; KIELPINSKI, K.A. Reproductive phenology of a tropical canopy tree, *Spondias mombin*. **Biotropica**, v.32, n.4, p.686-692, 2000.

AGARWAL, S.; RAO, A.V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. **Canadian Medical Association Journal**, v.163, n.6, p.739-744, 2000.

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

ALDRIGUE, M.L. Caracterização física, química e físico-química de cajá. **In: Seminário Agropecuário do Acre**, 2, 1988, Rio Branco-AC. Brasília, EMBRAPA-DPV: p.323-327.

ALMEIDA, J.; SANTOS, R.; GENOVESE, M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema B-caroteno/ácido linoleico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e tecnologia dos alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

AMARA-MOKRANE, Y.A.; LEHUCHER-MICHEL, M.P.; BALANSARD, G.; DUMÉNIL, G.; BOTTA, A. Protective effects of a-hederin, chlorophyllin and ascorbic acid towards the induction of micronuclei by doxorubicin in cultured human lymphocytes. **Mutagenesis**, Oxford, v.11, n.2, p.161-167, 1996.

ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v.350, n.1, p.103-108, 1996.

ANDRADE-WARTHA, E.R.S. **Propriedades antioxidantes de clones do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e enzimas participantes do sistema antioxidante de defesa do organismo animal**. 2007. 11p. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

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

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

AZZOLINI, M. **Fisiologia da pós-colehlta de goiabas ‘Pedro Sato’: estágio de maturação e padrão respiratório**. 2002. 100f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BARROSO, G. M., MORIM, M. P., PEIXOTO, A. L., ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 433p.

BASTOS, M. S. R.; OLIVEIRA, M. E. B de.; FEITOSA, T. **Diagnóstico setorial da agroindústria de polpa de fruta na Região Nordeste**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 1999c. 29p. (Embrapa – CNPAT. Boletim de Pesquisa, 22).

BEKBOLET, M. Light effects on food. **Journal Food Protection**., 53, 430-440, 1990.

BENDICH, A. LANGSETH, L. The health effects of vitamin C supplementacion, a review. **Journal American College Nutrition**, v.14, p. 124-136, 1995.

BERSET, C.; CUVELIER, M.E. Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power. **Sciences des Aliments**. v. 16, n. 3, p. 219-245, 1996.

BIANCHI, M.L.P., ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BOBBIO, F.; BOBBIO, P. **A Introdução à Química de Alimentos**, São Paulo: Varela, 2003, 238p.

BOBBIO, P.A., BOBBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 222p.

BORA, P.S.; NARAIN, N.; HOLSCHUH, H.J.; VASCONCELOS, M.A.S. Changes in Phisical Composition During Maturation of Yellow mombin (Spondias mombin) fruits. **Food Chemistry**, n. 41, p.341-348, 1991.

BOSCO, J.; SOARES, K.T.; AGUIAR FILHO, S.P.; BARROS, R.V. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA, 2000. 29p.(Documentos, 28).

BRASIL. Portaria nº 136 de 01/04/1999, o Ministério da Agricultura e do Abastecimento define e estabelece os **Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de cajá**, 2000.

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

BRAVO, L.; MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Dietary non-extractable condensed tannins as indigestible compounds; effects on faecal weight, an protein and fat excretion. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.63, p.63-68, 1993.

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

BRITTON, G. UV/Visible Spectroscopy. **In:** BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. "Carotenoids". Birkhauser, Basel. p.13-62, 1995.

BRITTON, G. **Carotenoids Handbook**. G. Britton, G.; S. Liaaen-Jensen, S.; Pfander, H.(Eds.). Birkhauser, Basel., 2004.

BROUILLARD, R. Chemical structure of anthocyanins. **In:** MARKAKIS, P. Anthocyanins as food colors (Ed). Academic Press Inc. p. 1-39, 1982.

BUENO, S. M.; LOPES, M. do R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; CRUZ, C. H. G. Avaliação da qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 62, n. 2, p. 121-126, 2002.

BURNS, J.; GARDNER, P. T., O'NEIL, J.; CRAWFORD, S.; MORECROFT, I.; McPHAIL, D. B.; LISTER, C.; MATTHEWS, D.; MacLEAN, M. R.; LEAN, M. E. J.; DUTHIE, G. G.; CROZIER, A. Relationship among antioxidant activity, vasodilatation capacity, and phenolic content of red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 220-230, 2001.

CANENE-ADAMS, K.; CAMPBELL, J.K.; ZARIPHEH, S.; JEFFERY, E.H.; ERDMAN JÚNIOR, J.W. The tomato as a functional food. **Journal of Nutrition**. v.135, p. 1226-1230, 2005.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Ann. Ist.Super Sanità**, v. 41, n.1, p.7-16, 2005.

CERUTTI, P.A. Oxy-radicals and cancer. **Lancet**, London, v.344, n.8926, p.862-863, 1994.

CHEN, J.H.; HO, C.T. Antioxidant activities of acid caffeic and its related hydroxycinnamic acid compounds. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Chicago: v, 45, n. 7, p. 2374-2378, 1997.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2º. ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COOMBE, B.G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 27, p. 507-528, 1976.

CONSTANT, P.B.L.; STRINGHETA, P.C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos-CEPPA**, Curitiba, v.20, n.2, 2002.

COOPER, C.E.; VOLLAARD, N.B.J.; CHOUERI, T.; WILSON, M.T. Exercise, free radicals and oxidative stress. **Biochemistry Society Transactions**. n. 302, p. 80-285, 2002.

COULTATE, T.P. **Alimentos: a química de seus componentes**. Editora Artmed, Porto Alegre, 3ª edição, 2004, 368p.

CUVELIER, M.E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of antioxidative activity of some acid-phenols; structureactivity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. Tokyo: v. 56, n. 2, p. 324-235, 1992.

DANTAS JÚNIOR, O.R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido Nordeste**. 2008. 106p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal da Paraíba, 2008.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A.R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Amherst, v. 40, n. 3, p. 173-289, 2000.

DEUTSCH, J. Dehydroascorbic acid. **Journal of Chromatography A**, v.881, p. 299-307, 2000.

DOWNHAM, A.; COLLINS, P. Colouring our foods in the last and next millennium. **International Journal of foods Science and Technology**. v.35, p. 5-22, 2000.

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

DURÁN, R.M.; PADILLA, R.B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas y Aceites**. Sevilla: v. 44, n. 2, p. 101-106, 1993.

DUTHIE, S.J.; MA, A.; ROSS, M.A.; COLLINS, A.R. Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. **Cancer Research**, Baltimore, v.56, n.6, p.1291-1295, 1996.

ENGELHARD, Y.N.;GAZER, B.; PARAN, E. Natural antioxidants from tomato extract reduce blood pressure in patients with grade-1 hypertension: A double-blind, placebo-controlled pilot study. **American Heart Journal**, n. 151, p. 100-106, 2006.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095p.

FERREIRA, R.A.S. Dosiê soja. **Nutrição Brasil**. Rio de Janeiro: v.1, n.3, p. 177-186, 2002.

FRANCO, N. Nutrição Clínica. Disponível em: <<http://www.baxter.com>>. Acesso em: 22/07/2006.

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

FRANKEL, E. N. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. **Trends Food Sci. Technol.** v.4, p. 220-225, 1993.

FRASER, P.D.; BRAMLEY, P.M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**. v. 43, p. 228-265, 2004.

GALE, C.R.; ASHURST, H.E.; POWERS, H.J.; MARTYN, C.N. Antioxidant vitamin status and carotid atherosclerosis in the elderly. **American Journal of Clinical Nutrition**. v. 74, n.3, p.402-8, 2001.

GEY, K.F. Vitamins E plus C and interacting conutrients required for optimal health. **Biofactors**, Oxford, v.7, n.1/2, p.113-174, 1998.

GIADA, M.L.R.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante in vitro de compostos fenólicos de alimentos. **Nutrire**: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, São Paulo, v. 28, p.91-107, 2004.

GIOVANNUCCI E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. **Journal of the National Cancer Institute**. n. 91, v.4, p. 317-31, 1999.

GOLUBITSKII, C.B.; BUDKO, W.V.; BASOVA, E.M.; KOSTARNOI, A.V.; IVANOV, V.M. Stability of ascorbic acid in aqueous and aqueous-organic solutions for quantitative determination. **Journal of Analytical Chemistry**, 62: 742-747, 2007.

GOMES, P.M.A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) desidratada em leite de jorro**. 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande.

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

GROSS, J.; GABAI, M.; LIFSHITZ, A.; SKLARZ, B. Carotenoids in pulp, peel and leaves of *Persea americana*. *Phytochemistry*, v. 12, p.2259-2263, 1973.

HALLIWELL, B. Free radical and antioxidants: a personal view. **Nutrition Reviews**. v. 52, n.8, p.253-265, 1994.

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

HAMMERSCHMIDT, P.A.; PRATT, D.E. Phenolic antioxidants of dried soybeans. **Journal of Food Science**, v.43, n. 2, p. 556-559, 1978.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Anthocyanins and other flavonoids. **Natural Product Report**. p.632-652, 1998

HARLAN, J.R. **Crops & man**. Madison: American Society of Agronomy, 1975. 295p.

HASLER, C.M. Funcional Foods: Benefits, Concerns and Challenges – A position paper from the American Council on Science and health. **Journal of Nutrition**. v. 132, p. 3772-3781, 2002.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE; M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and comercial frozen pulps. **J. Agric. Food Chem**; v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HATHCOCK, J.N. Vitamins and minerals: efficacy and safety. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.66, n.2, p.427-437, 1997.

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

HERCBERG, S., GALAN, P., PREZIOSI, P., ROUSSEL, A.M., ARNAUD, J., RICHARD, M.J., MALVY, D., PAUL-DAUPHIN, A., BRIANÇON, S., FAVIER, A. Background and rationale behind the SUVIMAX study, a prevention trial using nutritional doses of a combination of antioxidant vitamins and minerals to reduce cardiovascular diseases and cancers. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.68, n.1, p.3-20, 1998.

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

JAYAPRAKASAM, B.; VAREED, S. K.; OLSON, L. K.; NAIR, M. G. Insulin secretion by bioactive anthocyanins and anthocyanidins present in fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 1, p. 28-31, 2005.

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

KLUGE, A. R.; NACHTIGAL, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós colheita de frutos de clima temperado**. 2 ed. Pelotas: UFPEL, 2002.

KONCZAK, I.; ZHANG, W. Anthocyanins-more than nature' s colours. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v.5, p. 239–240, 2004.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRONCOSO, A.M.; GARCIA-PARILLA, M. C.; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.4, p. 691-693, 2004.

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

LAYRISSE, M.; GARCIA-CASAL, M.; SOLANO, L.; BARON, M.; ARGUELLO, F.; LLOVERA, D.; RAMIREZ, J.I. New property of vitamin A and B-carotene on human iron absorption: Effect on phytate and polyphenols as inhibitors of iron absorption. **Archivos Latinamericanos de Nutrition** v. 50, p. 243–248, 2000.

LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

LEÔNIDAS FILHO, F. DE Q. T.; **Conservação da Polpa de Cajá por Métodos Combinados**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias Cruz das Almas. 2007.

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

LIMA, V. G. de; MÉLO, E. A; MACIEL, M. I. S. et al. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LIRA JÚNIOR, J.S.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; MOURA, R.J.M. Recursos Genéticos de *Spondias* em Pernambuco: cajazeira, cirigueleira e cajá-umbuzeiro. **In: Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

LIU, R.H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. **Journal Nutrition**, n.134, (Suppl 12), p.3479S-85S, 2004.

LOZANO, N.B. Desarrollo y anatomia del fruto del jabo (*Spondias mombin* L.). **Caldasia**, Bogotá, v. 14, n. 68-70, p. 465-490, 1986.

MACIEL, M.I.S.; GUERRA, I.C.S. Usos e aplicações de *Spondias*: processamento e industrialização. **In: Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

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

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **J. Am. Oil Society**, v. 45, p. 594-598, 1968.

MARES-PERÍMAN, J.A.; MILLEN, A.E.; FICEK, T.L.; HANKINSON, S.E. The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease. Overview. **Journal of Nutrition**. v. 132, p. 518S-524S, 2002.

MARTINS, L. P.; SILVA, S.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 23-26, Abril 2003.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinos americanos de Nutrición**, v.50 (1), p. 5-18, 2000.

MATSUI, T.; EBUCHI, S.; KOBAYASHI, M.; FUKUI, K.; SUGITA, K.; TERAHARA, N.; MATSUMOTO, K. Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved through the α -glucosidase inhibitory action. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 25, p. 7244-7248, 2002.

MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S.; CARDOSO, R.L; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S. Desenvolvimento do produto compota de umbu. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: SLACA, 2001. p.187.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, vol. 25, n 3, p. 207-225, 1987.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**, Boca Raton-Florida (USA): CRC Press. 1993.

MELO, E.A.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**. Campinas: v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MIRANDA, M.; MURIACH, M.; JOHNSEN, S.; BOSCH-MORELL, F.; ARAIZ, J.; ROMÁ, J.; ROMERO, F.J. Oxadative stress in a model for experimental diabetic retinopathy:

treatment with antioxidants. **Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología**. v.79, p.289-294, 2004.

MORTENSEN, A. Carotenoids: an overview. **Agro Food Industry Hi-Tech**. n.32, v.3, 2004.

MOURA, F.T.; SILVA, S.M.; MARTINS, L.P.; MENDONÇA, R.M.N.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Evolução do crescimento e da maturação de frutos de cajazeiras (*Spondias mombin*, L). *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 47: 231-233, 2003.

NAKAISHI, H.; MATSUMOTO, H.; TOMINAGA, S.; HIRAYAMA, M. Effects of black currant anthocyanoside intake on dark adaptation and VDT work-induced transient refractive alteration in healthy humans. **Alternative Medicine Review**, v. 5, n. 6, p. 553-562, 2000.

NISHINO H, TOKUDA H, MURAKOSHI M, SATOMI Y, MASUDA M, ONOZUKA M. Cancer prevention by natural carotenoids. **Biofactors**. v.13, p. 89-94, 2000.

NISHINO, H.; MURAKOSHI, M. LI, T.; TAKEMURA, M.; KUCHIDE, M.; KANAZAWA M. Carotenoids in cancer chemoprevention. **Cancer Metastasis Reviews**. v. 21, p. 257-64, 2002.

ODIN, A.P. Vitamins as antimutagens: advantages and some possible mechanisms of antimutagenic action. **Mutation Research**, Amsterdam, v.386, n.1, p.39-67, 1997.

OLIVEIRA, M. E. B. de.; FEITOSA, T.; BASTOS, M. S. R. et al. Perfil químico de qualidade das polpas de acerola, cajá e caju comercializadas no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22. n. Especial, p. 9-15, 2000.

OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **Journal Chromatography**, Amsterdam, v.881, p.543-555, 2000.

OLSON, J.A. Benefits and liabilities of vitamin A and carotenoids. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.126, p.1208S-1212S, 1996.

OLSON, J.A. Bioavailability of carotenoids. **Archivos Latinosamericanos de Nutrición**. v.49, p. 21-25, 1999.

OSGANIAN, S.K.; STAMPFER, M.J.; RIMM, E.; SPIEGELMAN, D.; MANSON, J.E.; WILLETT, W.C. Dietary carotenoids and risk of coronary artery disease in women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 6, p.1390-9, 2003.

PARK, Y.K. **Biotransformação de isoflavonas de soja**. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento. Brasília: n. 20, p. 12-14, 2001.

PAZMIÑO-DURÁN, A. E.; GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E.; GLÓRIA, B. A. Anthocyanins from oxalis triangularis as potential food colorants. **Food Chemistry**, v. 75, n.2, p. 211–216, 2001.

PEARSON, D.A.; TAN, C.H.; GERMAN, J.B.; DAVIS, P.A.; GERSHWIN, M.E. Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. **Life Sciences**, v. 64, p.1913-1920, 1999.

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

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.67, n.5, p.289-297, 1997.

PORRINI, M.; RISO, P.; BRUSAMOLINO, A.; BERTI, C.; GUARNIERI, S.; VISIOLI, F. Daily intake of a formulated tomato drink affects carotenoid plasma and lymphocyte concentrations and improves cellular antioxidant protection. **Brasilian Journal Nutrition**, n.93, v.1, p.93-9, 2005.

RAJALAKSMI, D.; NARASIMHAN, S. Food antioxidants: sources and methods of evaluation. **In: MADHAVI, D.L.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D.K.** Food Antioxidants – technological, toxicological and health perspectives. New York: Marcel Dekker, p. 65-157, 1995.

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

RODRIGUES-AMAYA, D. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**, OMNI Research: ILSI Press: Washington D. C. 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B **A guide to carotenoid analysis in food**. International Life Sciences Institute, Washington, D.C. 64p., 2001.

ROMBALDI, C.V.; TIBOLA, C.S.; ZAICOVSKI, C.B.; SILVA, J. A.; FACHINELLO, J. C.; ZAMBIAZI, R.C. Potencial de conservação e qualidade de frutas: Aspectos biotecnológicos de pré e pós-colheita. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006.p.105-132.

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

SCALBERT, A; WILLIANSO, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal Nutrition**. n.130, p.2073S-85S, 2000.

SEERAM, N. P.; MOMIN, R. A.; NAIR, M. G.; BOURQUIN, L. D. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyaniding glycosides in cherries and berries. **Phytomedicine**, v. 8, n. 5, p. 362-369, 2001.

SEIBERT, E.; CASALI, M.E.; LEÃO, M.L.; CORRENT, A.R.; BENDER, R.J. Determinação de danos de frio em pêssegos da cultivar Chimarrita colhidos em dois estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA,18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. 1 CD-ROM.

SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. **Biochemistry of Fruit Ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

SIES, H. Strategies of antioxidant defence. Review. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v.215, n.2, p.213-219, 1993.

SILVA, A.Q.; SILVA, H. Cajá, uma fruteira tropical. **Informativo SBF**, v.14, n.4, dez. 1995.

SILVA, C. R. de M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Rev. Nutr.**, v.14, n. 2, p.135-143, 2001.

SILVA, L. R. S. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE**. 2008. 135p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal da Paraíba, 2008.

SILVA, S.M.; ALVES, R.E. Desenvolvimento e fisiologia da maturação de frutos do gênero *Spondias*. In: *Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins*. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição de Campinas**. n. 17, v.2, p. 227-236, 2004.

SINGH, A.V.; XIAO, D.; LEW, K.L.;DHIR, R.; SINGH, S.V. Sulforaphane induces caspase-mediated apoptosis in cultured PC-3 human prostate cancer cells and retards growth of PC-3 xenografts in vivo, **Carcinogenesis**, v.25, p. 83–90, 2004.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidants. **Revista Nutrição de Campinas**. n.15, v.1, p. 71-81, 2002.

SOUZA, F. X. de. Enxertia de cajazeira (*Spondias mombin* L.) sobre porta-enxertos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara). **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 10, n. 3, p. 189-192, set./dez. 1998.

SOUZA, F.X. *Spondias* agroindustriais e seus métodos de propagação. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT/Debrae-ce, 1998. 28p. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 27).

SOUZA, F.X. Efeito do porta-enxerto e do método de enxertia na formação de mudas de cajazeira (*Spondias mombin*, L). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.22, n.2. p.286-290, 2000.

SOUZA, F. X.; BLEICHER, E. Comportamento da cajazeira enxertada sobre umbuzeiro em Pacajus- CE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.24, n. 3, p. 790-792, dez 2002.

SOUZA, F.X. Crescimento e desenvolvimento de clones enxertados de cajazeiras na Chapada do Apodi, Ceará. 2005. 80p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SOUZA, F.X.; COSTA, J.T.A.; LIMA,R.N.; CRISÓSTOMO, J.R. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeiras cultivados na Chapada do Apodi, Ceará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.28, n.3, p.414-420, 2006.

SOUZA, F.X. Recursos Genéticos e melhoramento de *Spondias* no Brasil-cajazeira. **In: Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

STAHL, W., SIES, H. Antioxidant defence: vitamins E and C and carotenoids. **Diabetes**, New York, v.46, p.S14-S18, 1997.

STRIGHETA, P.C.; VOLP, A.C.P.; OLIVEIRA, T. T. Corantes Naturais: Usos e aplicações como compostos bioativos. **In:** COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. Alimentos Funcionais Benefícios para Saúde. Editora Viçosa, 2008, 298p.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4113-4117, 1998.

WANASUNDARA, U.; AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Isolation and identification of an antioxidative component in canola. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Chicago, v.42, n.6, p. 1285-1290, 1994.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.9, n.1, pg. 20-21, feb.1984.

VILLACHICA, H. Ubos (*Spondias mombin* L.). In: VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: Tratado de Cooperacion Amazônica: FAO, 1996. p.270-274.

VOET, D.; VOET, J.G.; PRATT, C. W. **Fundamentals of Biochemistry**. Editora Williams and Wilkin, 2001.

VON GADOW, A.; JOUBERT, E.; HANSMANN, C. F. Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearis*), r-Tocopherol, BHT, and BHA. **J. Agric. Food Chem.** v. 45, p. 632-638, 1997.

ZHANG, Y.; VAREED, S. K.; NAIR, M. G. Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. **Life Sciences**, v. 76, n. 13, p. 1465-1472, 2005.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal Agriculture Food Chemistry** , Chicago: v.49, p. 5165-5170, 2001.

WILBERG, V.C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebensmittel Wissenschaftund Technologie**, Londres, v. 28, n. 5, p. 474-480, 1995.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

WILLIS, M.S.; WIANS JÚNIOR, F.H. The role of nutrition in preventing prostate cancer: a review of the proposed mechanism of action of various dietary substances. **Clinica Chimica Acta**, n. 330, v.1-2, p. 57-83, 2003.

WOLLGAST, J.; ANKLAN, E. Polyphenols in chocolate: is there a contribution to human health. **Food Research International**, n.33, p.449-459, 2000.

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4083-4089, 2002.

YU, T-W., ANDERSON, D. Reactive oxygen species-induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutation Research**, Amsterdam, v.379, n.2, p.201-210, 1997.

YUYAMA, L. K. O.; ROSA, R. D.; AGUIAR, J. P. L.; NAGAHAMA, D.; ALENCAR, F. H.; YUYAMA, K.; CORDEIRO, G. W. de O.; MARQUES, H. de O. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) Mc Vaugh) possuem ação antianêmica? **ACTA Amazônica**. v. 32, n. 4, p. 625-633, 2002.

CAPÍTULO II
DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO DE
FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA - PB

DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA – PB

RESUMO

Foram avaliadas as mudanças físicas e físico-químicas ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento de frutos de cajazeiras provenientes de genótipos progênie e clones, visando obter subsídios na determinação dos índices de maturação e da fisiologia do fruto. Foram selecionadas ao acaso doze plantas, cinco plantas oriundas de sementes (progênie) e sete plantas oriundas de estaquia (clones). As plantas foram selecionadas e marcadas com fitas de cores diversas, em várias inflorescências contendo pelo menos 70% de flores abertas. Realizaram-se colheitas em períodos regulares até os frutos atingirem o início da maturação, em sete intervalos de avaliação: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dias após a antese (abertura da flor). Com o início da maturação, as coletas foram realizadas de acordo com a maturação dos frutos de cada genótipo até o estágio de maturação completa do fruto. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Foram realizadas avaliações físicas de massa fresca, massa seca, comprimento, diâmetro, volume e coloração objetiva da casca, as avaliações físico-químicas foram de sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis e acidez titulável, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, amido, ácido ascórbico, clorofila, carotenóides e flavonóides amarelos. As mudanças ocorridas nas variáveis, durante o desenvolvimento dos frutos, foram avaliadas através da análise de regressão. Os genótipos analisados apresentaram diferentes ciclos de desenvolvimento pleno, principalmente durante a fase de maturação. Os frutos tiveram crescimento acentuado até o início da maturação, a partir daí os frutos apresentaram taxas menores de aumento de comprimento, diâmetro e acúmulo de massa fresca e seca. O volume do fruto aumentou continuamente durante todo o período de desenvolvimento. As características físico-químicas de sólidos solúveis, açúcares redutores, açúcares totais e carotenóides aumentaram com o avanço da maturação. O ciclo de desenvolvimento do cajá, a partir da abertura da flor até o amadurecimento do fruto, corresponde a um período médio de 126 dias.

Palavras-chaves: Fenologia, crescimento, maturação, ponto de colheita

DEVELOPMENT AND MATURATION OF FRUITS OF GENOTYPES OF YELLOW MOMBIN TREE OF BAG EMEPA - PB

ABSTRACT

The physical and physicochemical changes occurring during the development cycle of yellow mombin fruit from progeny genotypes and cloned were evaluated aiming to obtain data to determining the rates of maturation and establishment of the physiology of the fruit. Twelve plants were randomly selected, five plants grown from seeds (progeny) and seven plants grown from stalks (cloned). The plants were selected and marked with ribbons of various colors, in various inflorescences containing at least 70% of open flowers. Harvests were performed at regular intervals until the fruit reaches the beginning of the maturation, in seven evaluation intervals: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 days after anthesis (flower opening). With the start of maturation the collections were performed according to the maturity of each plant to the stage of full maturity of the fruit. The experimental design was the completely randomized. Physical assessments were conducted in fresh weight, dry weight, length, diameter, volume and color of the bark. Physical-chemical evaluations were conducted in soluble solids, titratable acidity, relation between soluble solids and titratable acidity, total soluble sugars, reducing sugars, starch, ascorbic acid, chlorophyll, carotenoids and flavonoids yellow. The changes in variables during the fruit development were evaluated by regression analysis. The genotypes studied showed different cycles of full development, especially during the ripening stage. The fruits had strong growth until the beginning of maturation; from there the fruits showed lower rates of increase in length, diameter and accumulation of fresh and dry mass. The fruit volume increased steadily throughout the period of development. The physicochemical properties of soluble solids, reducing sugars, total sugars and carotenoids increased with the advancing of maturation. The development cycle of yellow mombin fruit, from flower opening to fruit ripening, corresponding to an average of 126 days.

Keywords: Phenology, growth, maturity, harvest point

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por frutos da cajazeira vem despertando o interesse para o cultivo da espécie, que ainda é considerada em fase de domesticação, com poucas informações disponíveis para a implantação de pomares comerciais (SOUZA et al., 2010). A sua inserção como espécie frutífera nos modelos agronômicos modernos requer, entretanto, a identificação de materiais propagativos cujos genótipos apresentem elevada capacidade produtiva e características melhoradas (BOSCO et al., 2000).

A cajazeira ainda não é cultivada comercialmente, sendo os fatores mais limitantes para o seu cultivo o alto porte, a longa fase juvenil (SOUZA e LIMA, 2005) e as variações de formato de copa, produtividade, tamanho e sabor dos frutos das plantas obtidas de sementes (VILLACHICA, 1996). Os poucos conhecimentos e informações existentes sobre a espécie em toda sua cadeia produtiva ainda não permitem a elaboração de um sistema de produção.

O conhecimento dos padrões fenológicos é considerado fundamental para a compreensão da biologia reprodutiva da espécie e base para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético. A avaliação do tempo de duração entre diferentes fases fenológicas da cultura permite a identificação dos ciclos das plantas que apresentam fruto com maturação precoce ou tardia. Pode, ainda, fornecer parâmetros com vistas à conservação e exploração racional, conciliando sustentabilidade com economicidade (MAUÉS e COUTURIER, 2002).

A caracterização fenológica por meio dos estádios das fenofases (vegetativa e reprodutiva) permite maior detalhamento da descrição do ciclo da planta. O conhecimento da fenologia da planta permite avaliar as exigências ecológicas da espécie, determinar as fenofases mais apropriadas para escolha do método de propagação, planejar o controle fitossanitário e a previsão de safras (FROTA, 1988), bem como o controle da maturação na pós-colheita (AWAD, 1993).

A descrição da evolução da maturação e amadurecimento de frutos da cajazeira irá possibilitar o estabelecimento de índices de maturidade que permitam destinar os estádios mais adequados para o armazenamento ou processamento. Um dos índices mais utilizados na determinação do ponto de colheita é o número de dias desde a floração até o desenvolvimento pleno do fruto (WARRINGTON et al., 1999).

Portanto, o objetivo deste experimento foi avaliar as mudanças físicas e físico-químicas ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento de frutos da cajazeira oriundos de

genótipos progênies e clones, visando a obter subsídios na determinação dos índices de maturidade e estabelecimento da fisiologia da maturação do fruto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação e Condução dos Experimentos

O experimento foi conduzido na Estação experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC) da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA-PB, localizada em Jacarapé, município de João Pessoa, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na Mesorregião da Zona da Mata Paraibana, com coordenadas 07° 41' 58"S e 34° 48' 37"W e altitude de 30 - 40 m. O clima regional segundo a classificação de Köppen, é Tropical semi-úmido, com precipitação média anual de 1.740 mm. Os valores de precipitação mensal da área experimental nos anos de 2007, 2008 e 2009 podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de precipitação mensal (mm) na Estação Experimental da EMEPA, EECJIC, 2010.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2007	49,4	301,5	298,6	280,4	257,4	623,8	112,4	260,8	77,2	2,4	10,6	16,0
2008	95,4	38,2	392,8	379,7	433,8	337,5	244,4	233,4	73,8	38	0	59,4
2009	83,4	159	180	342	563,9	151,2	299,3	112,8	54,4	0	3,2	0

Fonte: EMEPA, 2010.

O experimento foi realizado durante três ciclos produtivos, nos períodos de dezembro a julho de 2007, 2008 e 2009. Foi realizado o acompanhamento da fenologia em doze plantas (Tabela 3), sendo cinco desses, genótipos provenientes do BAG-01 (Figura 5A) oriundas de sementes e sete genótipos do BAG-02 (Figura 5B) oriundas de estaquia. Os genótipos foram selecionados e as inflorescências foram marcadas com pedaços de fitas de cores diversas, contendo pelo menos 70% de flores abertas (Figura 6). Acompanhou-se o desenvolvimento das inflorescências até a formação e maturação completa do fruto na planta. Realizaram-se colheitas em períodos regulares até os frutos atingirem o início da maturação, em sete intervalos de avaliação: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dias após a antese (abertura da flor). Com o início da maturação, as coletas de frutos foram realizadas de acordo com a

evolução da maturação dos frutos de em cada genótipo avaliado até a maturação completa do fruto na planta. As amostras de frutos a cada intervalo do ciclo de desenvolvimento eram compostas por 24 frutos de cada genótipo. Os frutos foram colhidos manualmente, evitando danos mecânicos.

As avaliações realizadas até o início da maturação foram realizadas análises físicas conforme descrito no item 2.4.1. Após o início da maturação e até a maturação completa dos frutos em cada genótipo foram realizadas avaliações físicas e físico-químicas, conforme descrito nos itens 2.4.1 e 2.4.2.

Tabela 3. Genótipos de Cajazeiras do BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênes) e estaquia (clones).

Genótipos		Número de Acesso	Origem
Progênes (BAG 01)	G1	8 ²	João Pessoa
	G2	11 ²	João Pessoa
	G3	13 ²	João Pessoa
	G4	29 ²	Cruz do Espírito Santo
	G5	36	João Pessoa
Estaquia (BAG 02)	G6	06	Ingá
	G7	11	João Pessoa
	G8	16	Areia
	G9	17	Areia
	G10	18	Areia
	G11	20	Santa Rita
	G12	35	Areia



Figura 5. Visão geral das plantas do BAG -01 oriundo de sementes (A) e do BAG-02 oriundo de estaquia (B), Estação experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC) da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA-PB.



Figura 6. Detalhes da marcação de inflorescências durante a fenologia dos genótipos de cajazeiras

2.2. Delineamento Experimental

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos por diferentes períodos de avaliação para cada genótipo de cajazeira avaliado, com três repetições de oito frutos por parcela.

2.3. Avaliações

2.3.1. Avaliações físicas até o início da maturação

Massa fresca do fruto (g): determinado através de pesagem individual de cada fruto em balança semi- analítica;

Massa seca (g): mediante secagem em estufa a 65 °C até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005);

Diâmetro e comprimento do fruto (mm): foram determinados através de medições diretas com auxílio de paquímetro digital, colocando-o em posição perpendicular e paralela aos eixos do fruto;

Volume (cm³): sendo o volume de água deslocado pelo fruto, medido através de leitura da graduação da proveta.

2.3.2. Avaliações físicas após o início da maturação

Massa fresca do fruto (g);

Massa seca (g);

Diâmetro e comprimento do fruto (mm);

Volume (cm³), determinados da mesma forma descrita no item 2.3.1.

Coloração Objetiva da casca: realizada através do Colorímetro Minolta CM-508d, o qual expressa a cor nos parâmetros: L* (corresponde à claridade / luminosidade); a* (define a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*)), b* (representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b), sendo que quanto mais distante do centro (=0), mais saturada é a cor); c* representa a vividez da cor (cor vivída a pálida) e H* (corresponde a intensidade da cor clara ou escura) (CALBO, 1989).

2.3.3. Avaliações físico-químicas

Sólidos Solúveis (% SS): determinados com refratômetro digital (KRÜSS-OPTRONIC, HAMBURGO, ALEMANHA), segundo AOAC (1992);

Acidez Titulável (%AT): por titulometria com NaOH 0,1N, segundo Instituto Adolfo Lutz (2005) e expressa em percentagem de ácido cítrico;

Relação SS/AT: relação entre os SS e AT;

pH: determinado com potenciômetro digital (HANNA, SINGAPURA), conforme técnica da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1992);

Açúcares solúveis totais (g.100⁻¹g polpa): determinados pelo método antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954);

Açúcares redutores (g.100⁻¹g polpa): realizada segundo Miller (1959) utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS).

Amido (g.100⁻¹g polpa): A extração foi feita por hidrólise ácida, conforme método descrito pela AOAC (1992), com algumas adaptações.

Ácido Ascórbico (mg.100⁻¹g): determinado, segundo AOAC (1984), através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro permanente, utilizando-se 1g da polpa diluída em 30 mL de ácido oxálico 0,5 %;

Clorofila Total da casca (mg.100⁻¹g): foram utilizados 1g de matéria fresca triturada em almofariz com areia lavada na presença de 5 mL de acetona 80% e 5 mg de CaCO₃, deixando extrair por 24 hr no escuro a 4 °C, de acordo com modificações do método de Arnon (1985) e calculado de acordo com fórmula descrita por STROHECKER E HENNING (1967);

Carotenóides Totais da casca (µg.100⁻¹g): determinado de acordo com metodologia modificada por Higby (1962).

Flavonóides amarelos da casca (mg.100⁻¹g): As determinações seguiram a metodologia de Francis (1982). Para flavonóides amarelos realizou-se a leitura a 374nm, calculado através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6.

2.4 Análise Estatística

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados através da análise de variância e da regressão polinomial. Os modelos de regressão foram selecionados com base na significância do teste F e, também, pelo coeficiente de determinação, com valor mínimo de 0,70 para ajuste da equação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliações Físicas

Massa Fresca e Massa Seca

De acordo com a Figura 7 os genótipos G1, G2, G3, G4 e G5 oriundos de sementes (progênes) iniciaram a maturação com uma variação de 105 dias para o genótipo G1 e de 115 dias após a antese para o genótipo G5 e atingiram o completo amadurecimento no período mínimo de 121 dias após a antese para o genótipo G3 e máximo de 127 dias após a antese para o genótipo G2.

Pode-se observar que os frutos dos genótipos clones G6, G7, G8, G9, G10, G11 e G12 oriundos de estaquia iniciaram a maturação aos 97 dias após a antese para o genótipo G6 e no período máximo de 123 dias após a antese para o genótipo G11, embora totalmente verdes, os frutos encontravam-se completamente formados. A máxima qualidade para o consumo foi observada ao final da maturação que variou de 105 dias para o genótipo G6 e de 128 dias após a antese para os genótipos G8, G9 e G12, estes apresentavam a máxima qualidade para o consumo, caracterizada pelo grau de coloração da casca que encontrava-se completamente laranja, turgidez e aroma característicos.

Na Figura 7 observa-se o aumento progressivo da massa fresca e massa seca durante os primeiros estágios de desenvolvimento para os genótipos avaliados.

Para os frutos provenientes de progênes o peso médio foi de 16,21; 16,36; 12,77; 13,51; 11,68 g, equivalente a 2,28; 1,97; 1,88; 2,59 e 1,75 g de massa seca, para os genótipos G1, G2, G3, G4 e G5 respectivamente (Figura 7).

O peso médio dos frutos após ser atingida a maturação plena foi 11,70; 15,25; 14,66; 13,46 e 13,30 g, equivalente a 2,22; 4,40; 2,00; 2,21; 1,10; 3,76 e 1,54 g de massa seca, para os clones G6, G7, G8, G9, G10, G11 e G12, respectivamente (Figura 7).

Costa (1998) trabalhando com caixas oriundas de Areia, PB em diferentes estágios de maturação e amadurecimento observou que a massa fresca aumentou de 10,5 g para 14,5 g no fim da maturação dos frutos ainda na planta.

Pinto et al. (2003) avaliando trinta genótipos de cajazeiras do estado da Bahia obtiveram peso médio de massa do fruto de 12,12 g e variações de 6,20 g a 18,00 g, podendo ser constatada a diversidade genética existente na espécie.

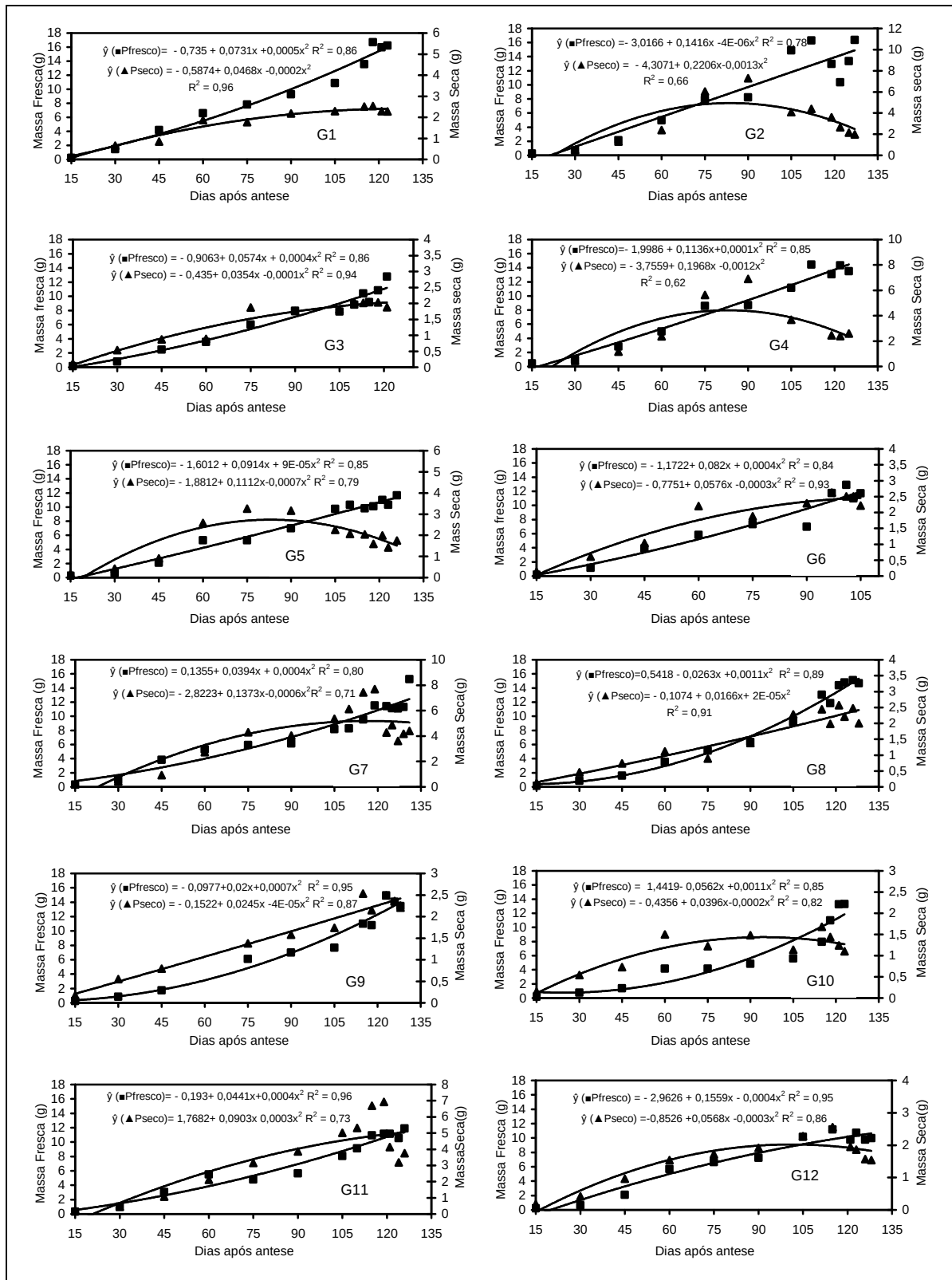


Figura 7. Massa Fresca (g) e Massa Seca (g) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1-G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 15 dias após anthesis, 2010.

Comprimento e Diâmetro

Os frutos dos genótipos avaliadas apresentaram um crescimento acentuado até o início da maturação, para os frutos provenientes de progênies, o valor máximo de comprimento foi observado no genótipo G1 com 39,66 mm e o valor mínimo no genótipo G5 com valores de 32,00 mm, para o diâmetro houve uma variação de 26,95 (genótipo G5) a 28,70 mm (genótipo G1) (Figura 8).

Os frutos provenientes de clones atingiram valores máximos de comprimento que variaram de 33,70 (genótipo G6) a 36,20 mm (genótipo G11) e para o diâmetro a variação foi de 24,45 (genótipo G11) a 29,00 mm (genótipo G9) (Figura 8).

O período de crescimento é caracterizado pela máxima atividade celular, aumento do volume, pigmentação verde intenso e imaturidade fisiológica (RYALL e LIPTON, 1983). A divisão celular geralmente é restrita a primeira e segunda fase do desenvolvimento (HULME, 1970), e para outros frutos pode prolongar por várias semanas. A expansão celular, por outro lado, pode continuar até o amadurecimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Em cajá (*Spondias mombin*), a partir do final do período de crescimento rápido, quando ocorre intensa atividade meristemática, inicia-se a formação dos tecidos intraloculares ou polpa (LOZANO, 1986).

Aldrigue (1988), estudando características físicas de frutos de cajá em Rio Branco-AC, encontrou valores médios para comprimento de frutos de 32 mm, diâmetro de 25 mm e peso de 9,5g. Valores semelhantes foram encontrados por Bora et al (1991), para frutos procedentes de Itabaiana-PB, verificando-se que, em geral, o comprimento, diâmetro e espessura de polpa são maiores em frutos maduros e parcialmente maduros do que em frutos considerados totalmente desenvolvidos, porém ainda verdes, atribuíram à alterações metabólicas durante o amadurecimento.

Costa (1998), em estudos com frutos da cajazeira no município de Areia-PB observou que o comprimento e diâmetro tiveram um aumento linear, passando de 34 mm para 37 mm para o comprimento e de 22 mm para 26 mm para diâmetro, correspondendo em termos percentuais a aumentos de 8% e 15%, respectivamente.

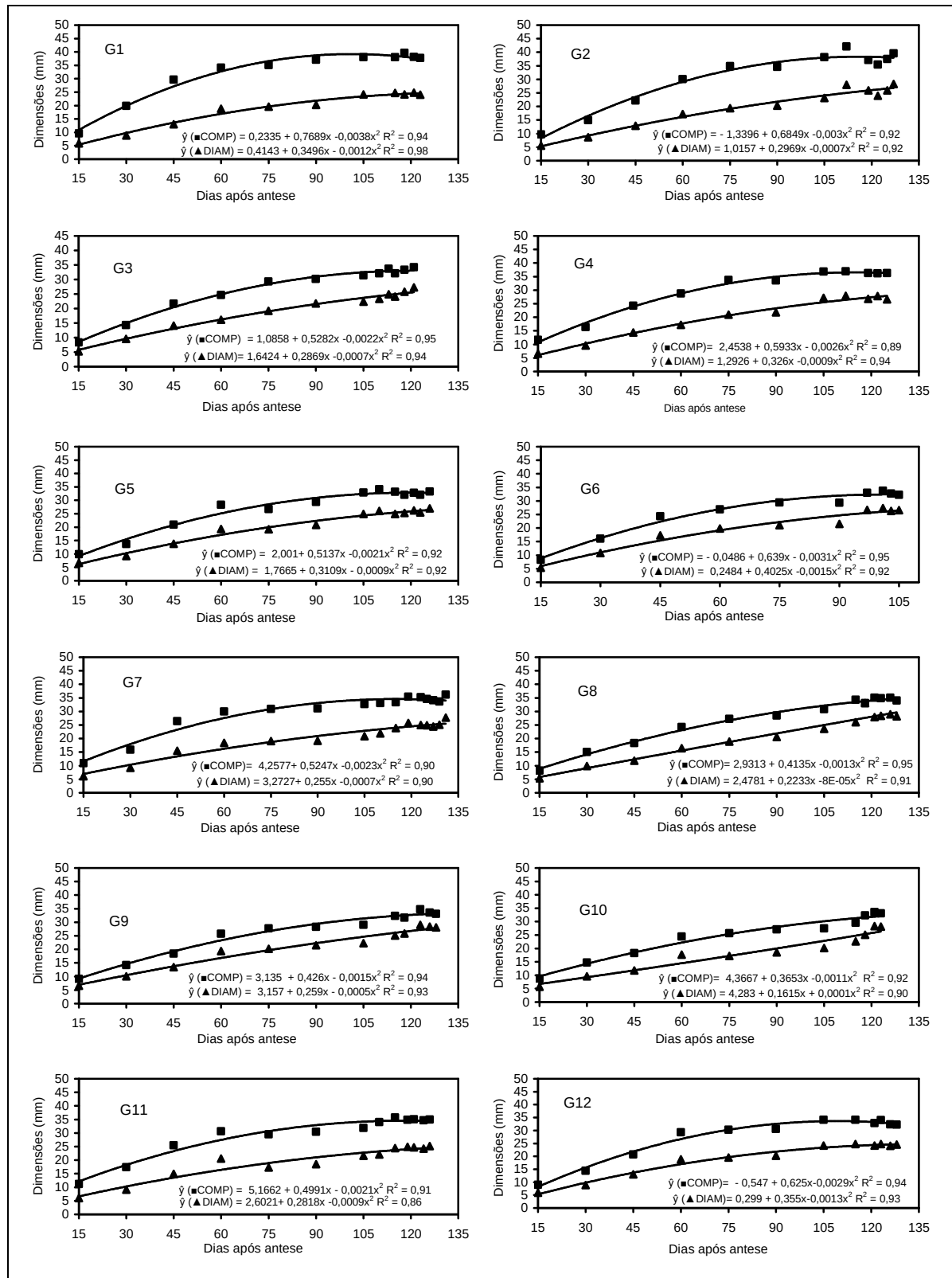


Figura 8. Comprimento e diâmetro (mm) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 15 dias após antese, 2010.

Volume

Na Figura 9, pode-se observar o aumento de volume dos frutos durante o desenvolvimento. O volume dos frutos dos genótipos de cajazeira aumentou continuamente durante o período de desenvolvimento, resultando, principalmente, do aumento do comprimento e diâmetro.

Em todos os genótipos avaliados pode-se observar que com o aumento gradual da massa houve um aumento de volume nos frutos. Neste sentido, durante o desenvolvimento de peras, Mitchell (1986) refere-se à existência de uma relação entre volume e peso.

Os frutos provenientes de progênies apresentaram valores máximos que variaram de 11,58 a 16,87 cm³, todos os genótipos avaliados apresentaram um aumento do volume paralelo ao aumento em comprimento e diâmetro. O volume máximo alcançado para frutos de genótipos clones variou de 11,00 a 15,41 cm³ (Figura 9).

O aumento do volume do fruto foi proporcionado pelo aumento do número e tamanho das células, as quais inicialmente se acham constituídas de protoplasmas e, na seqüência do crescimento, ocorrendo a formação dos vacúolos e acúmulo de carboidratos e outros compostos (GORTNER et al., 1967).

Frutos, em geral, desenvolvem um volume máximo para depois decrescer com avanço da maturação, o que indica uma leve redução na matéria sólida do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O aumento do volume dos frutos é proporcionado pelo aumento do número e tamanho das células, as quais são constituídas inicialmente de protoplasmas e, na seqüência do crescimento, formação dos vacúolos e acúmulo de carboidratos e outros compostos (COOMBE, 1976). O crescimento primário de frutos é devido principalmente a um aumento em volume de célula (HULME, 1970).

Martins et al (2003), estudando o desenvolvimento de ciriguelas na microrregião do Brejo Paraibano, verificou aumento significativo no volume dos frutos durante o decorrer do desenvolvimento. O volume máximo alcançado foi de 13,95 cm³ aos 120 dias após antese, paralelo ao aumento em diâmetro.

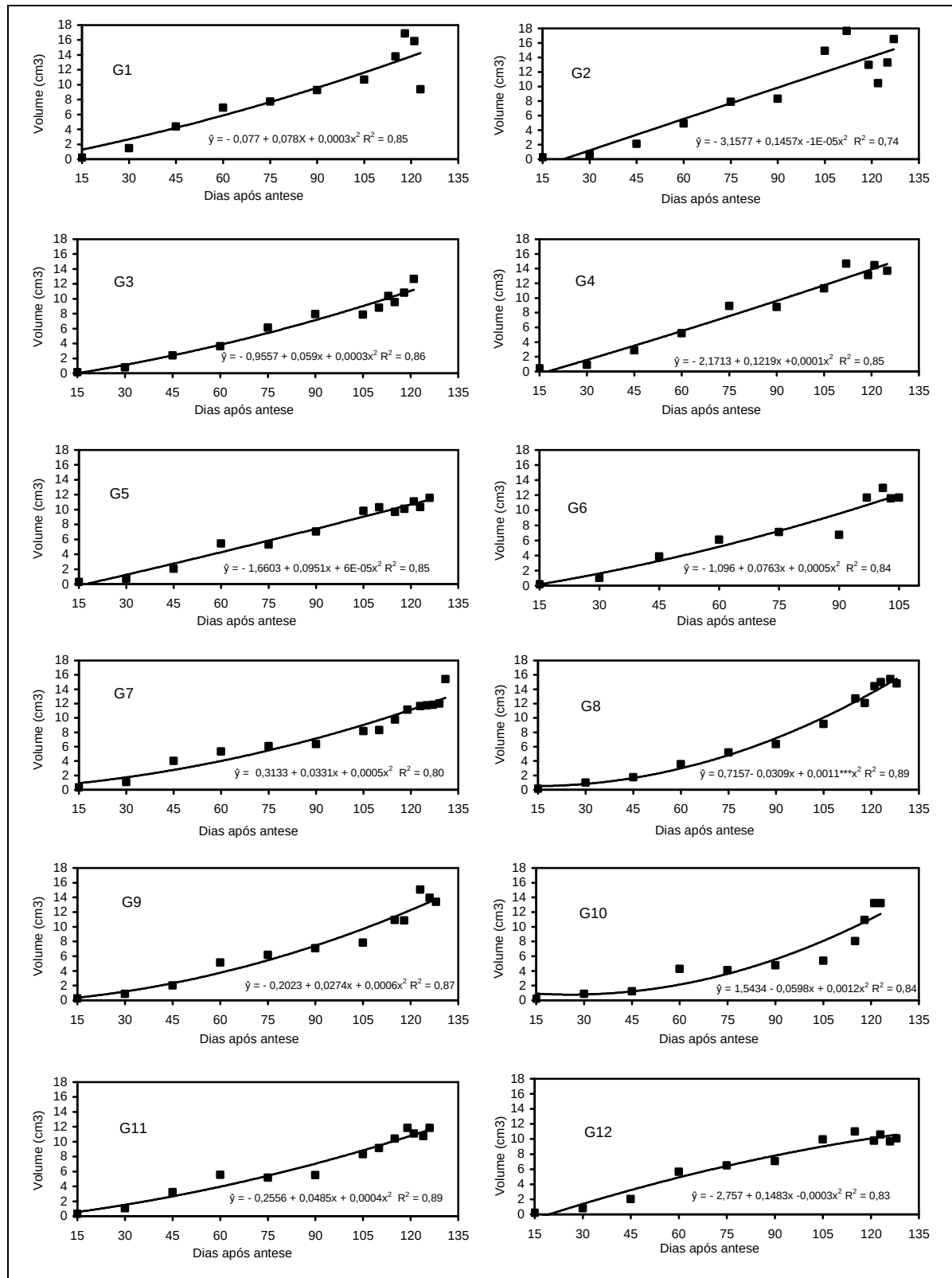


Figura 9. Volume (cm³) durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas 15 dias após antese, 2010.

Evolução Coloração da casca

Observou-se na Figura 10 que os valores de L^* , durante a maturação nos períodos avaliados foram caracterizados por um pequeno decréscimo no brilho à medida que os frutos avançavam para o amadurecimento, principalmente nos últimos estádios de maturação.

Os parâmetros a^* e b^* da casca (Figura 10) apresentaram oscilações durante o desenvolvimento para os genótipos avaliados verificando-se tendências a aumentos para os valores de cor objetiva para os últimos períodos de avaliação para os parâmetros a^* e b^* .

Os valores para a^* apresentaram a transição do sinal de negativo para o positivo durante a maturação, caracterizado pelo aumento na intensidade da cor laranja nos frutos, o que em geral se verificou após 120 dias após a antese.

Os valores de b^* apresentavam tendência a aumentar com o avanço da maturação, sendo estes acréscimos mais evidenciados a partir do início da pigmentação amarela.

Lopes (2007) em estudos com umbu-laranja observou que para a casca dos frutos mantidos sob condições ambientes, a coloração verde diminuiu (aumento em a^* , passando de valores negativos para positivos), mostrando claramente o desverdecimento do fruto durante o armazenamento, concordando com os valores observados para o parâmetro b^* , que diminuiu consideravelmente ressaltando o surgimento da coloração amarela.

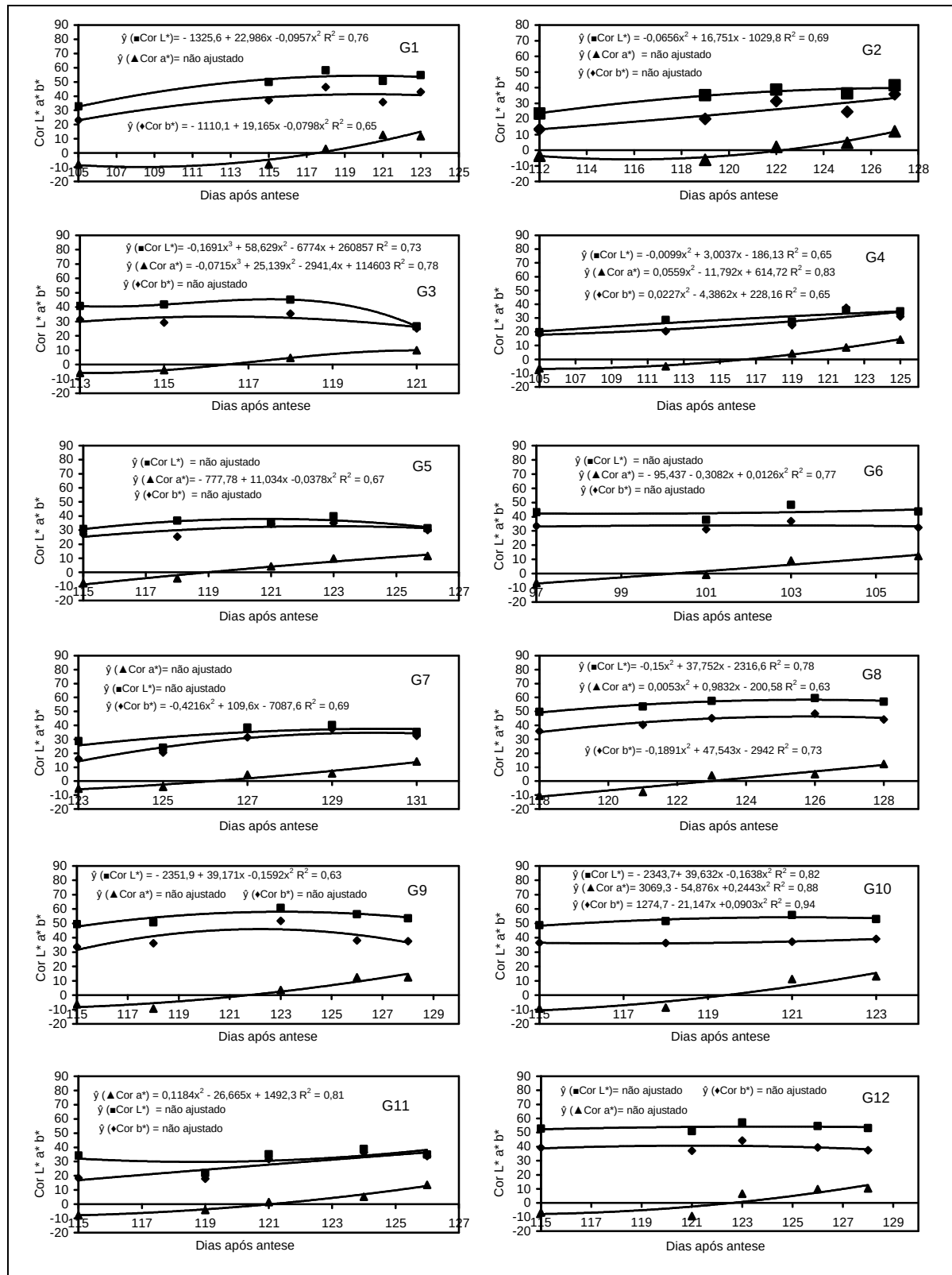


Figura 10. Evolução da cor medida através dos parâmetros L* a* b* da casca durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese, 2010.

3.2. Avaliações Físico-Químicas

Sólidos solúveis e Relação sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT)

O teor de sólidos solúveis aumentou durante o desenvolvimento e maturação dos genótipos avaliados, observando-se conteúdos máximos de SS de 17,43% e valores de 23,85 para relação SS/AT aos 127 dias para o genótipo G2 (Figura 11).

O menor valor encontrado no final da maturação foi de 10,90%, para o genótipo clone 10, onde se observa também uma menor relação SS/AT.

Os valores máximos de SS encontrados nos genótipos avaliados neste trabalho são superiores a 12,5% para SS reportados por Costa (1998) na avaliação do desenvolvimento de frutos de cajazeira.

O teor de sólidos solúveis fornece um indicativo da quantidade de açúcares solúveis presente nos frutos, embora outras substâncias, em menores proporções, também estejam dissolvidas. Durante a maturação o teor de sólidos solúveis tende a aumentar devido a biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos, a exemplo do amido (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A relação SS/AT é um dos indicadores mais utilizados para o sabor do fruto, portanto, de maturidade, sendo mais representativo que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O cajá, apesar de ser um fruto muito aromático, não está entre os mais doces. De acordo com Costa et al. (1998) o teor esperado de sólidos solúveis em cajá é de 12 %, neste trabalho alguns genótipos (2, 4, 6, 8, 9 e 12) apresentaram maiores valores no final da maturação, quando estes apresentavam coloração laranja (fruto maduro).

O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida indireta do conteúdo de açúcares, pois seu valor aumenta à medida que estes vão se acumulando no fruto. No entanto, a sua determinação não representa o teor exato de açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas no conteúdo celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos), apesar de os açúcares serem os mais representativos e poderem constituir até 85-90% destes (CHITARRA e ALVES, 2001).

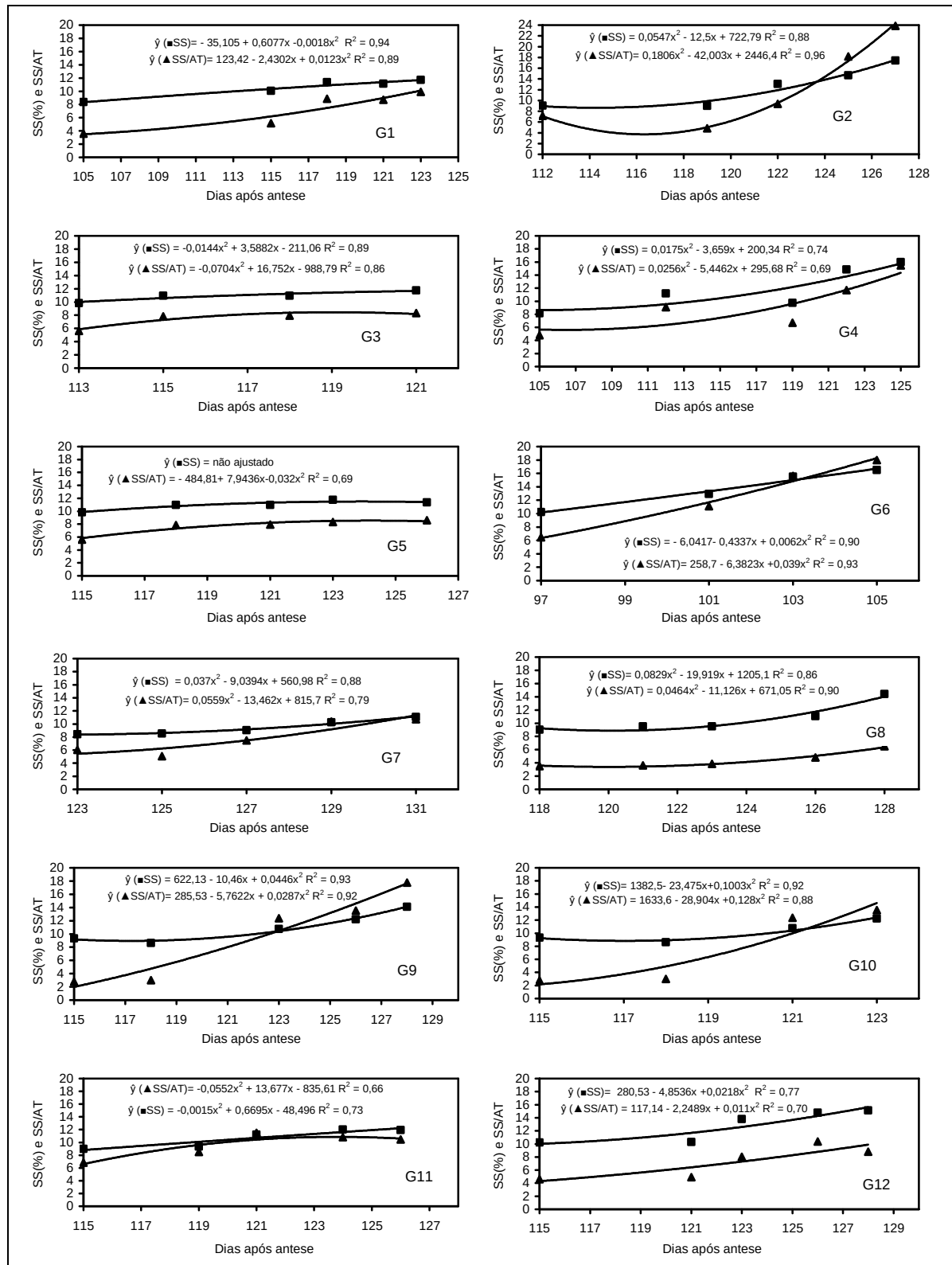


Figura 11. Sólidos Solúveis (%) e Relação SS/AT durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese.

pH e Acidez Titulável

Na Figura 12 pode-se observar um declínio na acidez titulável com o avanço da maturação nos genótipos avaliados. Os valores de pH tiveram um leve aumento com a maturação, porém para alguns genótipos os valores de pH não se ajustaram à equação de regressão.

Os maiores valores de acidez foi observado aos 123 dias no final da maturação com valores de 2,02 mg e um pH de 2,92, para o genótipo G10.

Para Chitarra e Chitarra, (2005) na maioria dos frutos, observa-se um decréscimo no teor de ácidos orgânicos durante o armazenamento, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares na gliconeogênese.

O cajá apresenta conteúdo de acidez titulável mais elevado que diversos frutos tropicais, inclusive de seu próprio gênero, como a ciriguela (MARTINS et al., 2003). Este também é um atributo importante, pois o balanço entre o teor de sólidos solúveis e a acidez indica a palatabilidade, ou a aceitabilidade do fruto, já que é característico de cada espécie.

Observou-se que a acidez diminuiu à medida que se completou o amadurecimento, chegando ao teor mínimo no fruto maduro, em média aos 123 dias após a antese.

Segundo Lima et al. (2002), reportando o pH em umbu-cajá, verificou que o mesmo manteve-se estável nos diferentes estádios de maturação dos frutos avaliados com os valores médios de 2,01 a 2,0.

Barbosa et al. (1981), relataram valores semelhantes aos observados neste trabalho para pH de cajá, de 2,1, sem entretanto mencionar o estágio de maturação.

Costa (1998), em estudos com frutos de cajazeira, observou que a acidez passou de 2,0 para 1,3 % de ácido cítrico. Em cajá, Bora et al. (1991), estudando a composição física e química do fruto, observaram que a acidez com a maturação, diminuiu de 1,76% nos frutos verdes, para 1,49% nos maduros.

Mendonça (2008) em avaliação da qualidade de frutos da cajazeira da região Meio Norte do Brasil, observou que os valores de AT variaram de 0,97 a 2,5 % de ácido cítrico, com média de 1,67 % e coeficiente de variação de 2,42 %.

Sampaio (2002), durante o armazenamento de cajás, observou que a acidez total titulável diminuiu com o amadurecimento, variando de 1,55 a 0,8 % não apresentando diferenças significativas.

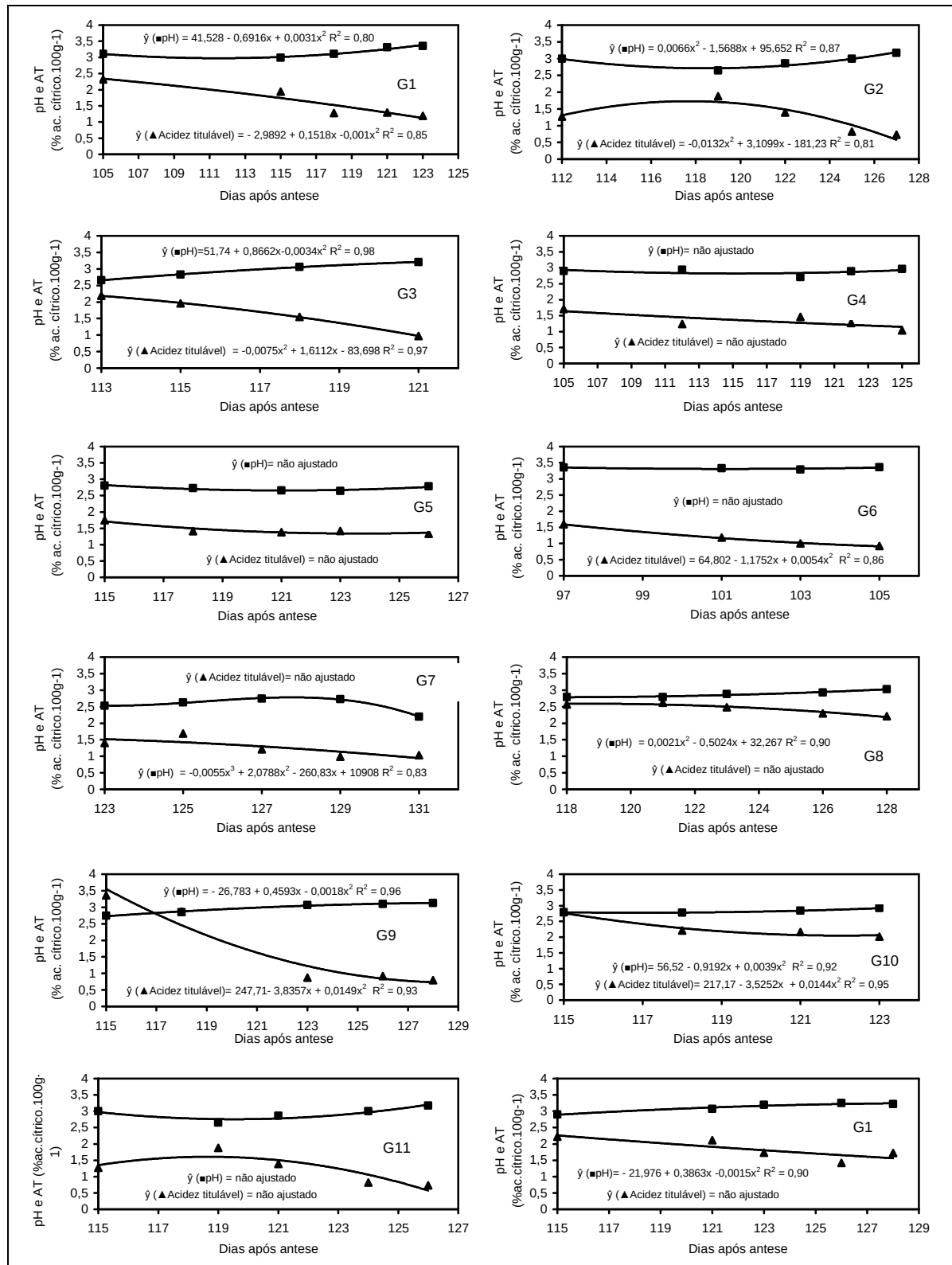


Figura 12. pH e acidez titulável durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese, 2010.

Açúcares Totais, Redutores e Amido

De acordo com os resultados apresentados na Figura 13, verificou-se um aumento dos açúcares totais e redutores paralelos ao declínio dos teores de amido nos frutos dos genótipos avaliados. Pode-se observar uma variação média de 2,03 a 3,19% nos açúcares redutores no início da maturação quando frutos estavam totalmente verdes, e valores médios máximos de 6,47% no final da maturação quando os frutos apresentavam-se completamente maduros (fruto laranja). O genótipo G6 apresentou valores de açúcares totais que variaram de 3,32 a 7,52% com o avanço da maturação, destacando-se entre os demais genótipos.

Os açúcares redutores representam aproximadamente 90% dos açúcares solúveis totais no final da maturação. Leon e Shaw (1990) citam teores entre 6,74 e 9,41% de açúcares solúveis totais em cajá.

O conteúdo de açúcares redutores se constitui principalmente de glicose e frutose. A quantificação do teor de açúcares individuais é importante quando se objetiva avaliar o grau de doçura do produto, pois o poder adoçante desses açúcares é variado e aumenta na sequência glicose: sacarose: frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os resultados para o conteúdo de amido mostram que o cajá armazena carboidratos na forma deste polissacarídeo. E através da transformação do amido em açúcares solúveis os frutos se tornam mais doces depois de colhidos. Entretanto, observa-se que proporcionalmente, a redução mais acentuada no teor de amido ocorre no final do amadurecimento, a partir em média de 119 após a antese.

Para os genótipos avaliados o conteúdo de amido apresentou variação média de 2,36% a 4,78% quando o fruto totalmente verde (em média 115 dias após a antese) e de 0,48% a 1,72% para fruto totalmente maduro (aproximadamente 123 dias após a antese). A taxa de declínio do conteúdo de amido foi mais acentuada a partir de 119 dias após a antese, em média.

Alves e Filgueiras (2000), estudando frutos de cajá no estágio de maturação amarelo, reportaram conteúdos de amido semelhantes ao encontrado no presente estudo, com um valor médio em torno de 0,52% quando o fruto apresentava-se com coloração amarelo.

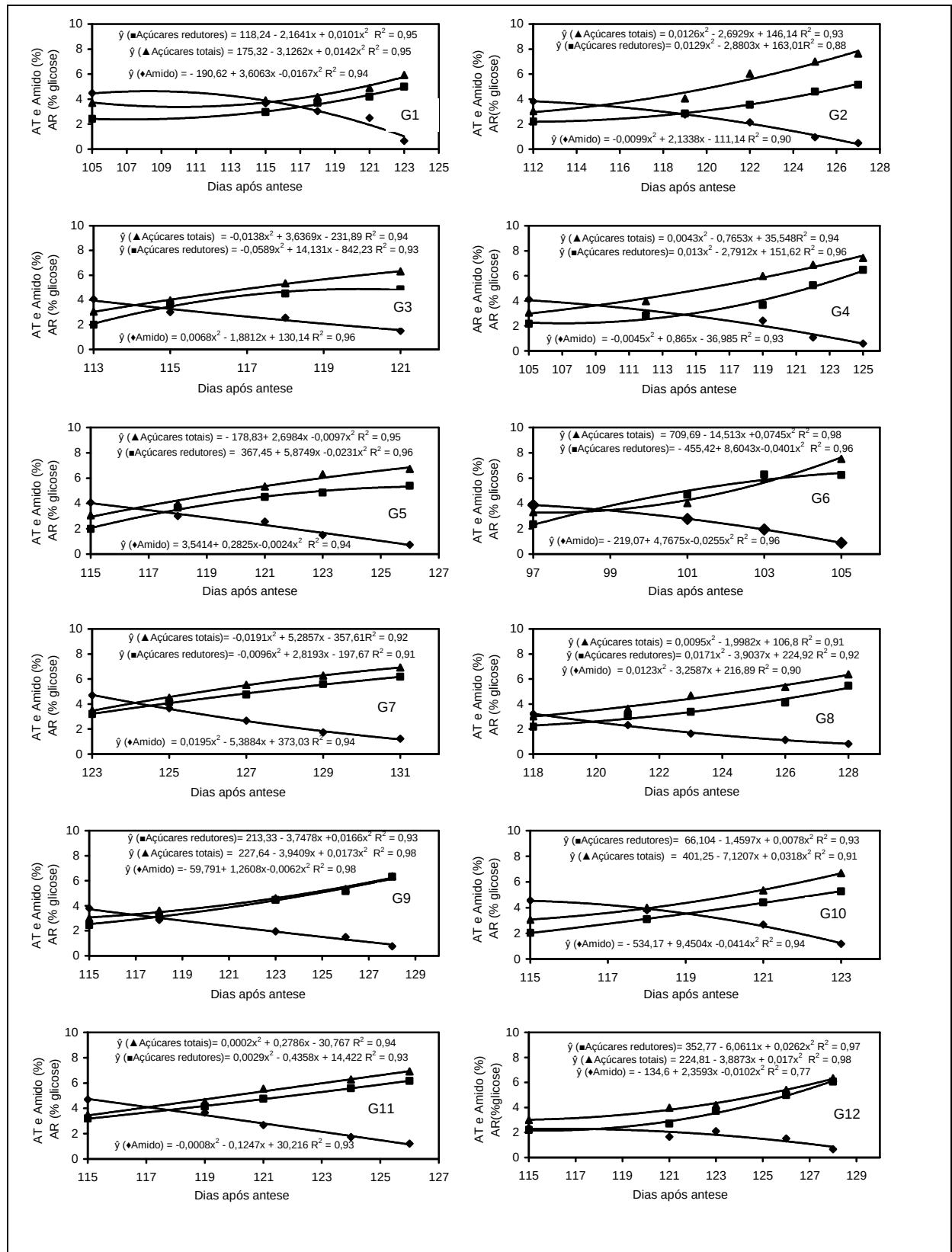


Figura 13. Açúcares totais, reductores e amido durante o desenvolvimento e maturação de genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese, 2010.

Ácido Ascórbico

De acordo com os resultados obtidos observa-se uma grande variação no conteúdo de ácido ascórbico entre os genótipos avaliados.

De um modo geral, pode-se observar um decréscimo do teor de ácido ascórbico com o avanço da maturação para a maioria dos genótipos avaliados, embora os genótipos G10 e G11 tenham apresentado aumento deste composto bioativo durante a maturação. Para a maioria dos genótipos, no entanto, o máximo conteúdo de ácido ascórbico foi detectado em média aos 122 dias após a antese, quando iniciou-se o declínio.

Estes decréscimos podem ser devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase, que apresenta maior atividade nos frutos maduros que nos verdes, explicando perda no final do amadurecimento (BUTT, 1980; MAPSON, 1970).

Os valores médios de ácido ascórbico oscilaram entre 9,09 e 39,44 mg.100g⁻¹ de polpa, sendo este menor valor representado pelo genótipo G10 e o maior valor pelo genótipo G2 (Figura 14).

O teor médio de vitamina C em cajás é uma característica que apresenta alta variação nos trabalhos encontrados na literatura. Pinto et al. (2003) registraram coeficiente de variação de 24,56 % encontrando teores médios de 16,40 mg/100g de vitamina C em genótipos de cajazeiras na Bahia.

Lima et al. (2002), quando estudou frutos da umbu-cajazeira, verificou que estes frutos atingiram o teor máximo de vitamina C no estágio de maturação no qual encontrava-se parcialmente amarelo com 18,35mg/100g, apresentando perda mais intensa nos frutos totalmente amarelo-alaranjados, com início da senescência, sendo este comportamento similar aos observados na maioria dos frutos tropicais.

Nas avaliações de polpas congeladas no Estado da Bahia realizadas por Oliveira et al. (2000) foram observados coeficiente de variação de 42,52 % e teor médio de 9,93 mg/100g de vitamina C. O mesmo foi observado para avaliações de polpas congeladas no Nordeste por Bastos et al. (1999) com variações de 1,15 a 33,26 mg/100g e média de 9,10 mg/100g de vitamina C, sendo também o parâmetro de maior grau de variabilidade entre as amostras.

Os frutos predominantemente amarelos e amarelos não apresentaram diferenças significativas para esse fator no trabalho de Filgueiras et al. (2000) com valores médios de 36,87 e 36,86 mg/100g de vitamina C, respectivamente.

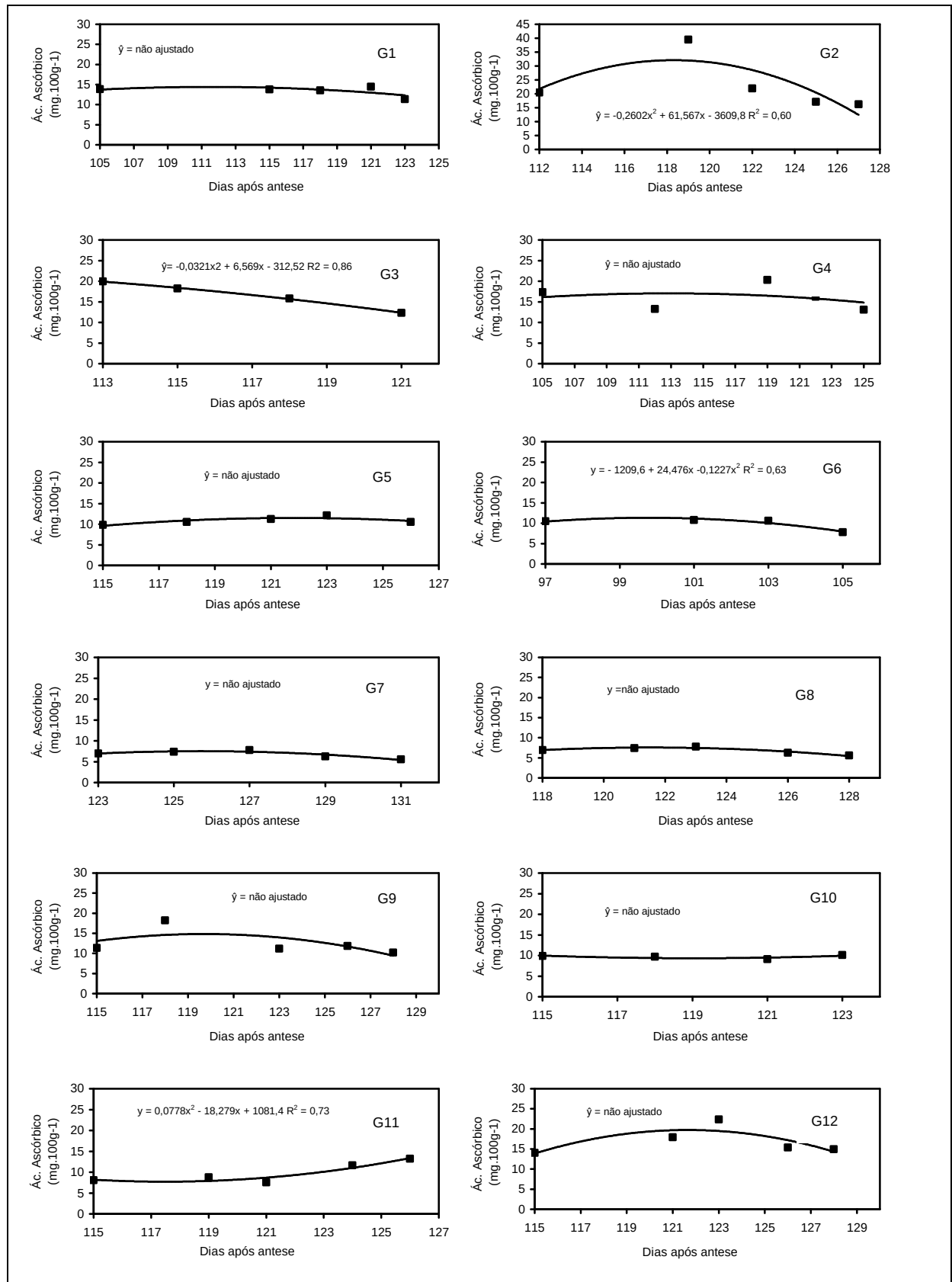


Figura 14. Acido ascórbico durante o desenvolvimento e maturação de frutos de genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese, 2010.

Clorofila e Carotenóides totais da casca

O conteúdo de clorofila total declinou enquanto que o de carotenóides totais aumentou à medida que a maturação de frutos dos genótipos da cajazeira avançava (Figuras 15). O maior teor de clorofila encontrado foi de $10,28 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ aos 123 dias após a antese no genótipo clone G7 no início da maturação, porém com a coloração totalmente verde. Para os carotenóides, o genótipo progênie G5 se destacou entre os demais apresentando um teor de $55,54 \text{ } \mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$ aos 126 dias quando a coloração do fruto era completamente laranja.

A maioria das mudanças de coloração nos frutos é associada com a diminuição da concentração de clorofila nos cloroplastos, ocasionada por transformações em sua membrana interna durante a maturação e amadurecimento (LOONEY e PATTERSON, 1967).

Durante a conversão dos cloroplastos a cromoplastos, a clorofila é destruída e o grana e estroma reorganizam-se (NEWCOMB, 1990). A perda da cor verde deve-se à decomposição estrutural da clorofila, devido aos sistemas enzimáticos que atuam isoladamente ou em conjunto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

De acordo com Awad (1993) ao mesmo tempo que desaparece a cor verde podem ser revelados ou sintetizados pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos, que pertencem ao grupo dos carotenóides. Os de cor amarela são bastante comuns e sua presença é um sinal geral por meio do qual o consumidor julga a maturidade e a qualidade de muitos frutos.

O aumento no teor de carotenóides culminou com o declínio no teor de conteúdo de clorofila ao final da maturação, no amadurecimento, como ocorre para a maioria dos frutos.

Harmano e Mercadante (2001), em estudo da composição de carotenóides em produtos comerciais de cajá, encontraram para o suco integral de cajá valores de $16,71 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ e $88,7 \text{ } \mu\text{g.}100 \text{ g}^{-1}$ para carotenóides totais .

Costa (1998) observou em estudo com cajás durante o desenvolvimento e maturação que, pode-se perceber a tendencia natural de destruição da clorofila paralelamente ao aumento na síntese de carotenóides.

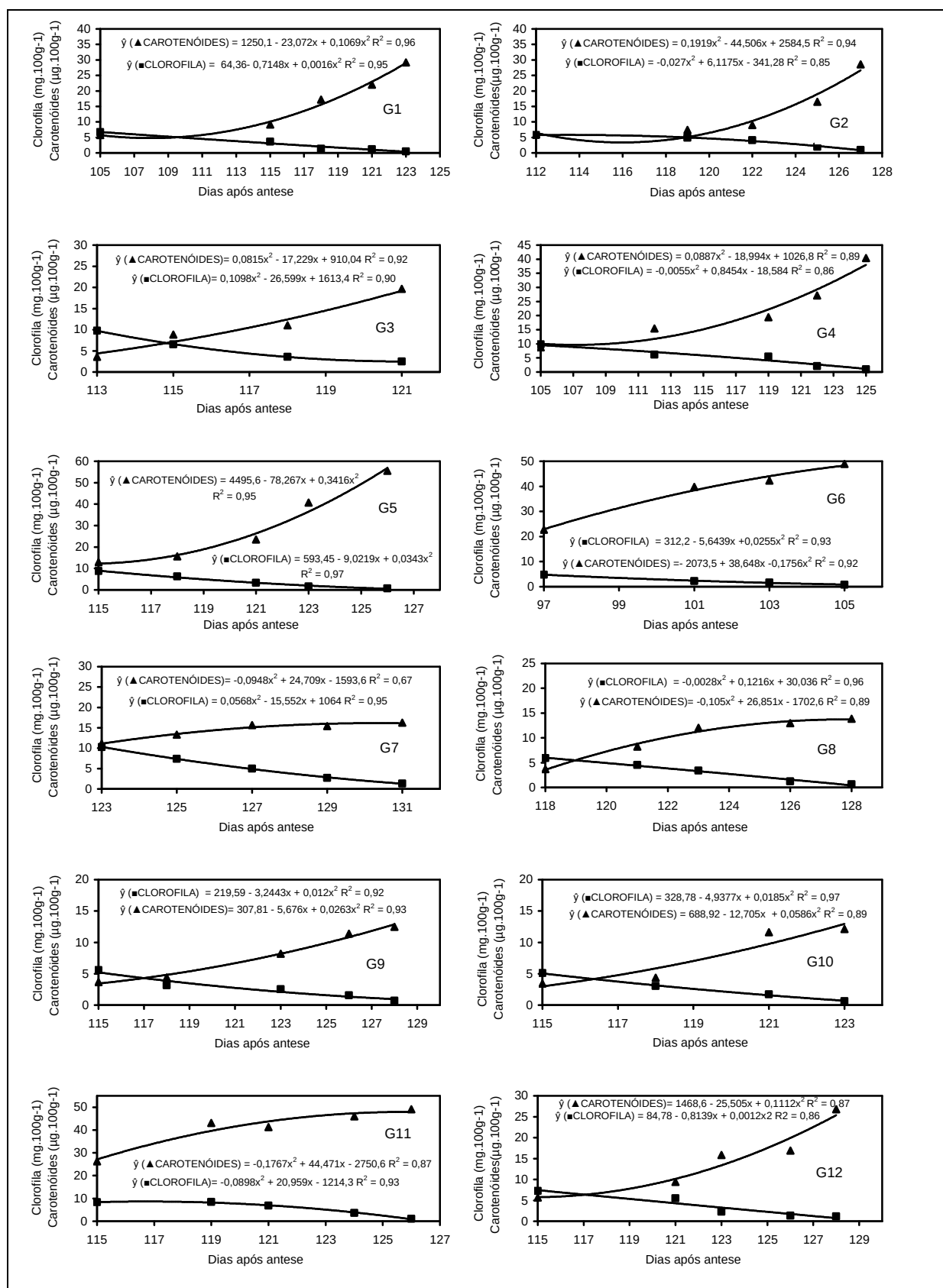


Figura 15. Clorofila (mg.100⁻¹g) e Carotenóides (µg.100⁻¹g) da casca durante o desenvolvimento e maturação de frutos genótipos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese, 2010.

Flavonóides Amarelos

Para os flavonoides, o genótipo 7 apresentou os maiores teores que variaram de 94,04 a 103,73 mg durante a maturação. Não observou-se, no entanto, uma uniformidade no decréscimo desses valores com o avanço da maturação.

Segundo Harborne (1967); Fennema (1993), os flavonóis (quercetina) e as flavonas (luteolina) são os grupos de flavonóides responsáveis pela cor amarela que sempre acompanham as antocianinas em frutos, provavelmente porque apresentam vias biossintéticas semelhantes. Estes pigmentos pertencem ao grupo dos flavonóides que têm sido relatados como compostos que possuem capacidade antioxidante (PIETTA, 2000).

Moura et al. (2001), determinaram variação no teor de 80,62 a 129,69 mg/100g, com média de 105,12 mg/100g em pesquisas com nove diferentes clones de cajueiro.

Dantas Júnior (2008) em estudo com diferentes genótipos de umbu observou valores de 9,47 a 40,22 mg.100g⁻¹ para o conteúdo de flavonóides amarelos na polpa.

Lima et al. (2000) encontraram valores de flavonóides totais em seleções de acerola oscilando de 9,31 a 20,22 mg de quercetina/100g de polpa fresca. Sawa et al. (1999) fizeram referência à capacidade do extrato aquoso do broto de feijão-mungo em seqüestrar radicais livres, que aumentou em função do teor de flavonóides, demonstrando existir uma correlação positiva entre estes dois fatores.

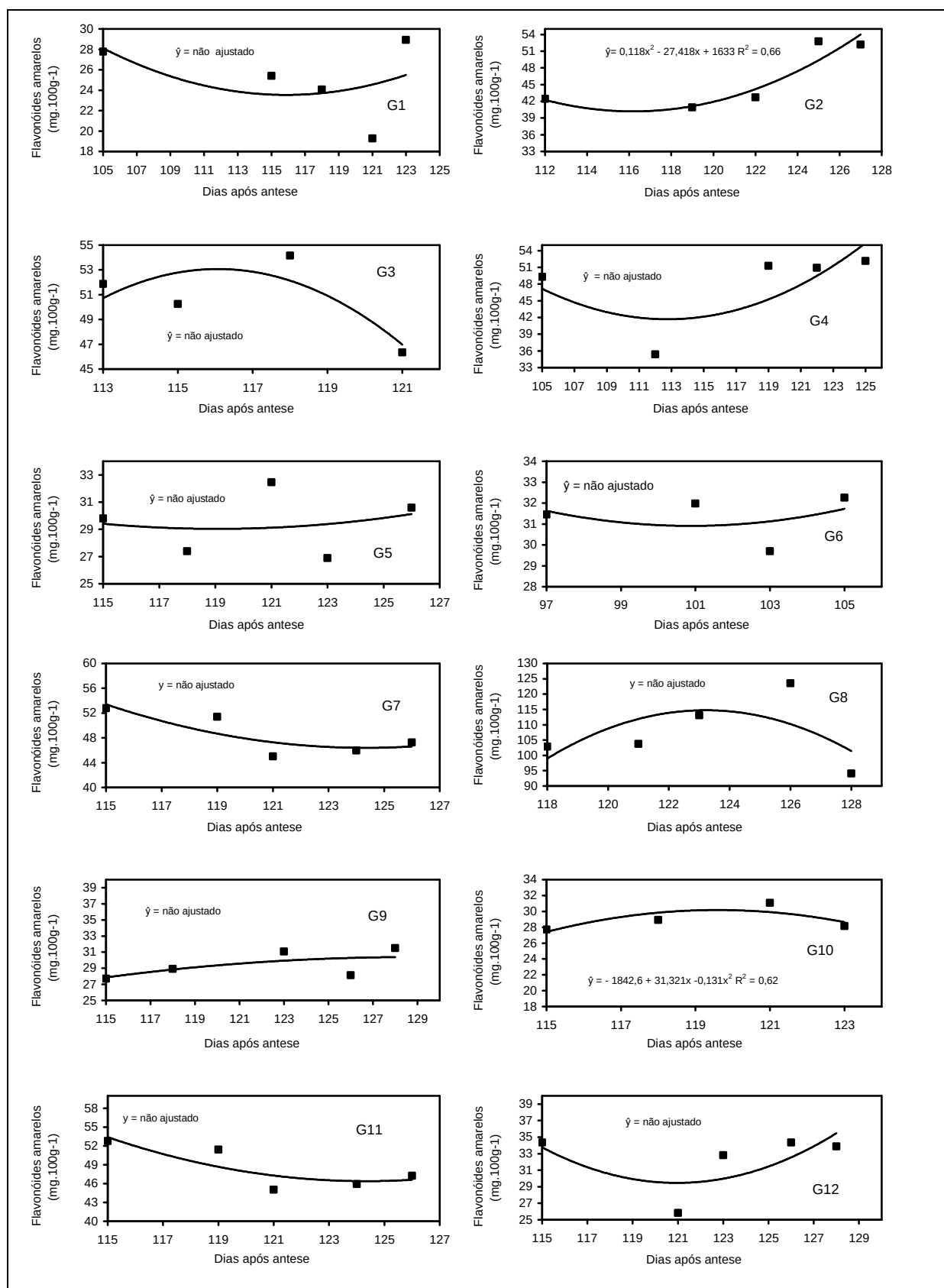


Figura 16. Flavonóides amarelos (mg.100⁻¹g) da casca durante o desenvolvimento e maturação de frutos de cajazeiras (G1 a G12) do BAG EMEPA-PB, avaliadas a partir de 105 dias após antese, 2010.

4. CONCLUSÕES

O ciclo de desenvolvimento dos frutos de genótipos de cajazeiras avaliados a partir da abertura da flor até o amadurecimento do fruto na planta, corresponde a um período médio de 126 dias.

Os frutos de genótipos provenientes de sementes (progênes) apresentaram início da maturação mais cedo, em média 110 dias após a antese e desenvolvimento pleno do fruto na planta em torno de 124 dias.

Os frutos dos genótipos provenientes de estaquia (clones) iniciaram a maturação na planta em média aos 116 dias, com desenvolvimento pleno aos 127 dias após a antese.

Durante o desenvolvimento ocorreu um aumento da massa fresca, massa seca, comprimento, diâmetro e volume.

Os frutos apresentaram elevações de sólidos solúveis, açúcares redutores e não-redutores com o avanço da maturação.

Os maiores valores de ácido ascórbico foram encontrados no genótipo G1 (progênie) e o menor valor foi encontrado no genótipo G7 (clone).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIGUE, M.L. Caracterização física, química e físico-química de cajá. **In:** Seminário Agropecuário do Acre, 2, 1988, Rio Branco-AC. Brasília, EMBRAPA-DPV: p.323-327.

ALVES, R.E., FILGUEIRAS, H.A.C., MOURA, C.F.H. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: Funep, 2000. 66p. (Série Frutas Nativas,9).

ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. Washington, v.24, n.1, p.1-15, 1985.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12.ed, Washington, 1992. 1094p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

BASTOS, M. S. R.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FEITOSA, T.; OLIVEIRA, M. E. B.; ABREU, F. A. P.; CUNHA, V. A. **Manual de Boas Práticas de Fabricação de Polpa de Fruta na Região Nordeste**. Revista Brasileira de Fruticultura. V. 21, n. 03, 1999.

BARBOSA, W.C.; NAZARÉ, R.F.; HASHIMOTO, K. Estudo bromatológico e tecnológico da graviola e do taperabá. EMBRAPA/CPATU., dezembro de 1981. 15p. (Boletim de pesquisa,32).

BORA, P.S.; NARAIN, N.; HOLSCHUH, H.J.; VASCONCELOS, M.A.S. Changes in Physical Composition During Maturation of Yellow mombin (*Spondias mombin*) fruits. **Food Chemistry**, n. 41, p.341-348, 1991.

BOSCO, J.; SOARES, K.T.; AGUIAR FILHO, S.P.; BARROS, R.V. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA, 2000. 29p.(Documentos, 28).

CALBO, C. **Otros sistemas de medida: Hunter, Munssell, etc.** In: Universidade de Chile, El Color en alimentos. Medidas Instrumentales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 1989, p.36-47. (Publicaciones Miscelaneas Agrícolas, 31)

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia pós-colheita para frutas tropicais**. Fortaleza: FRUTAL-SINDIFRUTA, 2001. 314 p.

BUTT, V. S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPE, P. K.; CONN, E. E. The biochemistry of plants: a comprehensive treatise. **Academic Press**, New York, v.2, p.81-123, 1980.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2^o. ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COOMBE, B.G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 27, p. 507-528, 1976.

COSTA, N. P. **Desenvolvimento, maturação e conservação pós-colheita de frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.)**. 1998, 97f. Dissertação (Mestrado no Curso em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1998.

DANTAS JÚNIOR, O.R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do Semi-Árido Nordestino**. Areia, 2008, 106p. Tese (Doutor em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

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

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Editora Acribia, S. A. Zaragoza, Espanha, 1993, 1095p.

FILGUEIRAS, H. A. C., MOURA, C. F. H, ALVES., R. E. cap.5. Cajá (*Spondias mombin*) In: **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: Funep. 66p. Série Frutas Nativas, 9, 2000.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: P. Markakis, Editor, *Anthocyanins as food colors*, Academic Press, New York (1982), pp. 181–207.

FROTA, P.C.E. Clima e solo. In. LIMA, V. de P.M.S. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Etene, 1988, cap. 3, p.63-80. (Estudos Econômicos e Sociais, 35).

GORTNER, W.A.; DULL, G.G., KRAUSS, B. H. Fruit development, maturation, ripening, and senescence: A biochemical basis for horticultural terminology. **HortScience**, Alexandria, v. 2, n. 4, p. 141-144, 1967.

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

HARBORNE, J.B. Comparative Biochemistry of the flavonoids. London: Academic Press. 383p, 1967.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 2005, 285p.

LEON, J., SHAW, P. E. *Spondias*: the red mombin and related fruits **In**: NAGY, S. SHAW, P.E., WARDOWSKI, W.F. Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. Lake Alfred: FSS, 1990. p. 116-126.

LIMA, E. D. P. A; LIMA, C. A. A; ALDRIGUE, M. L; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos de umbu-cajazeiras (*Spondias* spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal-SP, v.24, n.2, p.338-343, 2002.

LIMA, V. L. A. G de; MELO, E. de. A; LIMA, L. dos. S; NASCIMENTO, P. P. do. flavonóides em seleções de acerola (*malpighia* sp l.). teor de antocianinas e flavonóis totais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.1063-1064, 2000.

LOONEY, N. E.; PATTERSON, M. E. Chlorophyllase activiy in apples and bananas during the climateric phase. **Nature**, v.1, n.214, p.245-246, 1967.

LOPES, M.F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbularanja (*Spondias tuberosa* arruda câmara)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 2007.

LOZANO, N.B. Desarrollo y anatomia del fruto del jabo (*Spondias mombin* L.). **Caldasia**, Bogotá, v. 14, n. 68-70, p. 465-490, 1986.

MAPSON, L. W. Vitamins in fruits. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic Press, 1970. 618 p.

MARTINS, L. P.; SILVA, S.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 23-26, Abril 2003.

MAUÉS, M. M; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) Mc Vaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, 2002.

MENDONÇA, R.U. **Qualidade e potencial de utilização de cajás (*Spondias mombin* L.) oriundos da região meio-norte do Brasil**. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Ceará, 58p. 2008.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MITCHELL, P.D. Pear fruit growth and use of diameter to estimate fruit volume and weight. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.4, p. 1003-1005, 1986.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; INNECCO, R.; FILGUEIRAS H. A. C.; MOSCA, J. L.; PINTO, S. A. A. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização *in natura*. **Rev. Bras. Frutic**; Jaboticabal, v. 23, n. 3, 2001.

NEWCOMB, W. Plastid structure and development. In: DENNIS, D. T.; TURPIN, D. H. **Plant physiology**, biochemistry and molecular biology. London, Longman, 1990. P. 193-197.

OLIVEIRA, M. E. B. de.; FEITOSA, T.; BASTOS, M. S. R. et al. Perfil químico de qualidade das polpas de acerola, cajá e caju comercializadas no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22. n. Especial, p. 9-15, 2000.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

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

RYALL, A. L.; LIPTON, W. T. **Handling, Transportation and Storage of Fruts and Vegetables**. v.1. Westport, AVI Publishing, 1983. 610p.

SAMPAIO, S. A. de. **Transformações durante o amadurecimento pós-colheita de frutos de cajazeira (*Spondias mombin* L.), ciriguela (*Spondias purpurea* L.) e mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes.)**. (Dissertação de Mestrado), João Pessoa: UFPB, 2002. 78p.

SASS, P. **Fruit Storage**. Mezogazda, Budapest, 1993. 348p.

SAWA, T.; NAKAO, M.; AKAIKE, T.; ONO, K.; MAEDA, H. Alkylperoxyl radicalscavenging activity of various flavonoids and other phenolic compounds: implications for the anti-tumor-promoter effect of vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.47, n.2, p.397-402, 1999.

SOUZA, F.X. de; LIMA, R.N. de. Enraizamento de estacas de diferentes matrizes de cajazeira tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37. n.2, p.189-194. 2005.

SOUZA, F.X. Propagação das *Spondias* e alternativas para clonagem da cajazeira. **In: Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**.

SOUZA, E. P.; MENDONÇA, R.M.N.; SILVA, S.M.; ESTRELA, M. A.; SOUZA, A. P.; SILVA, G.C. Enxertia da cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**., v.32, n.1, pp. 316-320, 2010.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo. 428p.

VILLACHICA, H. Ubos (*Spondias mombin* L.). In: VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: Tratado de Cooperacion Amazônica: FAO, 1996. p.270-274.

WARRINGTON, L.J.; FULTON, T.A.; HALLIGAN, E.A. SILVA, H.N. Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.5, p. 468-477, 1999.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

CAPÍTULO III
**QUALIDADE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA-
PB COLHIDOS EM SETE ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

QUALIDADE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA-PB COLHIDOS EM SETE ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

A avaliação da qualidade de frutos de genótipos disponíveis em bancos de germoplasma torna-se necessário para que estes recursos genéticos sejam utilizados em programas de melhoramento com identificação daqueles potencialmente úteis para o fim que se destina, estimulando o cultivo comercial em bases tecnológicas modernas e discriminação apropriada quanto ao consumo como fruta fresca e para indústrias de beneficiamento. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças que ocorrem durante a maturação de frutos de cajazeiras provenientes de genótipos progênie e clones, para o estabelecimento do estágio de maturação e índices de maturidade mais adequados para a colheita dos frutos. Foram selecionados frutos de doze genótipos, sendo que dessas plantas seis eram progênie e seis eram clones. Os frutos foram colhidos e separados em sete estádios de maturação descrita de acordo com a carta de Munsell e avaliados quanto às características físicas e físico-químicas. Verificou-se que a coloração evoluiu gradativamente de totalmente verde para frutos com predominância de alaranjado. Observou-se que o aumento de massa fresca correspondeu a aumento de tamanho, tanto em comprimento quanto em diâmetro em cajás avaliados neste experimento. Os teores de sólidos solúveis (SS) aumentaram e da acidez titulável (AT) diminuiu com o avanço da maturação. A relação SS/AT aumentou, devido à intensificação da doçura e diminuição da acidez tornando os frutos mais agradáveis ao paladar. De um modo geral houve uma redução do teor de amido e conseqüentemente um aumento dos teores de açúcares redutores e totais. Frutos de alguns genótipos avaliados apresentaram-se fora dos padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura conforme o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de cajá para os parâmetros sólidos solúveis e relação SS/AT, com relação aos outros limites estabelecidos na legislação, os frutos dos genótipos avaliados apresentaram-se dentro das normas. Os frutos de cajazeiras que apresentaram as melhores características físico-químicas foram àqueles provenientes do genótipo progênie G2. Frutos nos estádios de maturação amarelo predominante e laranja apresentaram aspectos de qualidade mais promissores para o beneficiamento e consumo in natura.

Palavras-chaves: *Spondias mombin*, L, maturação, índices de maturidade, qualidade.

QUALITY OF FRUIT OF GENOTYPES OF YELLOW MOMBIN TREES OF BAG EMEPA-PB COLLECTED IN SEVEN STAGES OF MATURATION

ABSTRACT

The characterization of genotypes presents in banks of germplasm becomes necessary for those genetic resources because they will be used in breeding programs with identification of genotypes with potentially useful for the purpose intended, encouraging commercial cultivation in modern technological bases and the encouragement of beneficiation industries. Thus, the objective of this experiment was to evaluate the changes that occur during the maturation of fruits of yellow mombin trees becomes from progeny genotype and clones for the establishment of the stage of maturation and maturity indices most appropriate for the fruits harvest. Fruits of twelve genotypes were selected and six plants were progenies and six were cloned. The fruits were harvested and separated into seven stages of maturation described according to Munsell color chart and evaluated for physical and physico-chemical properties. It was found that the color gradually changed from fully green to fruits with orange predominance. It was observed that the increase of fresh weight corresponded to increase in size, both in length and in diameter in yellow mombin fruits evaluated in this experiment. The levels of soluble solids (SS) increased and the levels of titratable acidity (TA) decreased with the advancing of maturation. The SS / AT ratio increased due to the intensification of sweetness and acidity reduction making the fruit more palatable. In general there was a reduction in starch content and consequently increased levels of reducing sugars and totals. Fruits of some genotypes showed off the standard required by the Ministry of Agriculture as the Pattern of Identity and Quality (PIQ) for pulp of yellow mombin fruit for soluble solids parameters and SS / AT, with respect to the other limitations of the legislation, the fruits of the genotypes tested were within the rules. The fruits of yellow mombin tree that showed the best physicochemical characteristics were those from the progeny genotype G2. Fruits in yellow predominance and orange maturation stages showed the most promising aspects of quality for beneficiation and consumed raw.

Keywords: *Spondias mombin* L, maturation indices, maturity, quality.

1. INTRODUÇÃO

No agronegócio brasileiro, a fruticultura vem se consolidando como uma das atividades agrícolas rentáveis, destacando-se que algumas das frutas cultivadas tecnicamente, como banana, citros, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, pêssego e uva, já possuem presença constante na pauta de exportações do Brasil e dividem a preferência do mercado interno (REETZ, 2007).

Quanto às frutíferas de ocorrência espontânea, dentre as quais a cajazeira (*Spondias mombin* L.), nos últimos anos, tem se registrado expressivo aumento da sua participação nos diversos setores comerciais e regiões do país, principalmente pela possibilidade de consumo como fruta fresca ou processada. Essas explorações também contribuem para ocupação de mão-de-obra, elevando o índice de empregos diretos e indiretos (CAVALCANTE et al., 2009).

O gênero *Spondias* compreende várias espécies frutíferas, cujos representantes mais significativos têm como centro de diversidade o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil (LEDERMAN et al., 2008).

Nesse contexto, destaca-se a frutífera cajazeira, pertencente à família Anacardiaceae, sendo uma das espécies espontâneas regionais com potencial socioeconômico promissor no cenário agroindustrial do Nordeste brasileiro em decorrência da sua já ampla utilização por indústria conceituadas, principalmente pela qualidade sensorial e diversidade de formas de consumo dos frutos, muito embora, em razão do seu caráter essencialmente extrativista, ainda permanece na condição de cultivos não domesticados, para os quais inexistem sistemas de produção definidos (CAVALCANTE et al., 2009).

Nas regiões produtoras do Nordeste, a comercialização do cajá se realiza de duas formas: aquela em que o fruto é comercializado como fruta fresca, em rodovias, feiras livres ou supermercados, por período nunca superior a 48 horas após colheita. A outra consiste na comercialização da polpa frigorificada sob a forma de pasta, em embalagens que variam entre 100 e 1000 g. Em virtude da produção ainda ser insignificante em relação à demanda, geralmente, não há excedente para atender o mercado externo que demonstra interesse na aquisição do produto. Essa perspectiva é promissora à expansão do cultivo da cajazeira, em escala comercial, desde que, a exploração seja realizada mediante o uso de material propagativo detentor de elevado potencial produtivo e de características qualitativas desejáveis (BOSCO et al., 2000).

A caracterização de genótipos presentes em Bancos de Germoplasma torna-se necessário para que estes recursos genéticos sejam utilizados em programas de melhoramento com identificação de genótipos potencialmente promissores para o fim que se destinam, estimulando o cultivo comercial em bases tecnológicas modernas e incentivo de indústrias de beneficiamento e ao consumo de fruta fresca (LIMA et al., 2002; PINTO et al., 2003).

A qualidade dos frutos é diretamente influenciada pelo estágio de maturação em que são colhidos. Entretanto, a transição da fase imatura para a madura pode ocorrer em diferentes fases do desenvolvimento de um fruto (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Em termos de pós-colheita, a maturação ótima é o estágio de desenvolvimento no momento da colheita que assegure o completo amadurecimento e a manutenção da qualidade por o máximo período possível (KAYS, 1997).

As principais alterações que ocorrem durante a maturação, envolvem mudança na taxa respiratória, produção de etileno, cor da casca, permeabilidade das membranas, suavização da textura (AWAD, 1993), aumento na doçura, devido a elevação do teor de açúcares solúveis e decréscimo na acidez e na adstringência e aumento nas características do aroma e sabor pela emissão de compostos voláteis (SASS, 1993). Estas transformações da maturação, entretanto, podem diferir entre frutos de genótipos oriundos de diferentes sistemas de propagação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Desta forma, o objetivo deste experimento foi avaliar as transformações que ocorrem durante a maturação de frutos de genótipos de cajazeiras oriundos de sementes (progênies) e de estaquia (clones), para o estabelecimento de padrões de identidade e qualidade e, portanto, do estágio de maturação e índices de maturidade mais adequados para a colheita dos frutos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de genótipos progênes e clones oriundos do BAG da Estação experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC) da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA-PB, localizada em Jacarapé município de João Pessoa, em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na Mesorregião da Zona da Mata Paraibana, com coordenadas 07° 41' 58"S e 34° 48' 37"W e altitude de 30 - 40 m. O clima regional segundo a classificação de Köppen, é Tropical semi-úmido, com precipitação média anual de 1.740 mm. As avaliações dos parâmetros de qualidade foram realizadas no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita da UFPB/CCA, Areia – PB.

2.1. Seleção do Material Vegetal

Foram selecionados frutos de doze genótipos (Tabela 5) pertencentes ao BAG da EMEPA. Seis eram oriundos de sementes (progênes) e seis oriundos de estaquia (clones) Os frutos foram colhidos manualmente entre 6:00 e 9:00 horas da manhã, em sete estádios de maturação (Tabela 4) levando em consideração a coloração da casca (Figura 17). Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas isotérmicas para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foram selecionados quanto à aparência, estádios de maturação e ausência de danos físicos.

Tabela 4. Classificação dos estádios de maturação de frutos da cajazeira oriundos de sementes (progênies) e de estaquia (clones), com base na coloração da casca de acordo com a Carta de Munsell para tecidos vegetais.

ESTÁDIOS*		PIGMENTAÇÃO APARENTE	COR MBC**	
1	TV	Totalmente verde	2,5 GY	6/6
2	B	Breacker (transição da cor)	2,5 GY	7/8
3	IP	Início da pigmentação amarela	2,5 GY	8/8
4	VA	Pigmentação verde predominante com traços amarelos	5Y	8/8
5	AV	Pigmentação amarela predominante, com traços verdes	5Y	8/10
6	AP	Amarelo predominante	2,5Y	8/8
7	L	Laranja	2,5Y	8/12

*Estádios de maturação conforme Figura 17; ** Conforme Munsell Book of Color (Munsell, 1976).



Figura 17. Estádios de maturação de frutos de cajazeira.

Tabela 5. Genótipos de Cajazeiras de BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênes) e estaquia (clones).

Genótipos		Número do Acesso	Origem
Progênes (BAG 01)	G1	8 ²	João Pessoa
	G2	8 ⁶	João Pessoa
	G3	29 ²	Cruz do Espírito Santo
	G4	29 ³	Cruz do Espírito Santo
	G5	36	João Pessoa
	G6	38	João Pessoa
Clones (BAG 02)	G7	11 ¹	João Pessoa
	G8	16	Areia
	G9	17	Areia
	G10	18	Areia
	G11	35	Areia
	G12	35 ¹	Areia

2.2. Delineamento Experimental

Para as avaliações físicas utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 7 x 12 com trinta repetições (30 frutos/repetição), sendo sete estádios de maturação e doze genótipos de cajazeiras.

Para os parâmetros físico-químicos utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 7 x 12 com três repetições (12 frutos/repetição), sendo sete estádios de maturação e doze genótipos de cajazeira.

2.3. Avaliações

2.3.1. Avaliações físicas

Massa fresca do fruto (g): determinado através de pesagem individual de cada fruto em balança semi- analítica;

Diâmetro e Comprimento do fruto (mm): foram determinados através de medições diretas com auxílio de paquímetro digital, colocando-o em posição perpendicular e paralela aos eixos do fruto;

2.3.3. Avaliações físico-químicas

Sólidos Solúveis (%): determinados com refratômetro digital (KRÜSS-OPTRONIC, HAMBURGO, ALEMANHA), segundo AOAC (1992);

Acidez Titulável (%): por titulometria com NaOH 0,1N, segundo Instituto Adolfo Lutz (2005) e expressa em ácido cítrico;

Relação SS/AT: relação entre os SS e AT;

pH: determinado com potenciômetro digital (HANNA, SINGAPURA), conforme técnica da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1992);

Açúcares solúveis totais (g.100⁻¹g polpa): determinados pelo método antrona segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954);

Açúcares redutores (g.100⁻¹g polpa): realizada segundo Miller (1959) utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS).

Amido (g.100⁻¹g polpa): A extração foi feita por hidrólise ácida, conforme método descrito pela (AOAC, 1992), com algumas adaptações.

Ácido Ascórbico (mg.100⁻¹g): determinado, segundo Strohecker e Henning (1967), através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro permanente, utilizando-se 1g da polpa diluída em 30 mL de ácido oxálico 0,5 %;

Clorofila Total da casca (mg.100⁻¹g): foram utilizados 1g de matéria fresca triturada em almofariz com areia lavada na presença de 5 mL de acetona 80% e 5 mg de CaCO₃, deixando extrair por 24 hr no escuro a 4 °C, de acordo com modificações do método de Arnon (1985) e calculado de acordo com fórmula descrita por Engel e Poggiani (1991);

Carotenóides Totais da casca (µg.100⁻¹g): determinado de acordo com metodologia modificada por Higby (1962).

Flavonóides amarelos da casca (mg.100⁻¹g): As determinações seguiram a metodologia de Francis (1982). Para flavonóides amarelos realizou-se a leitura a 374nm, calculado através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6. E para a determinação de antocianinas totais a leitura foi realizada em comprimento de onda a 535nm, calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/98,2.

2.4 Análise Estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente mediante a Análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste de Scott-Knott entre as médias a 5% de probabilidade.

Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais (BROSCHAT, 1979), sendo estudada a resposta desses componentes aos fatores estudados (CARADUS et al., 1993), e o autovalor da matriz de correlação (λ) foi considerado até 0,70, conforme critério de Jolliffe (JACKSON, 1991).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas e físico-químicas de frutos de genótipos oriundos de sementes (progênes) e estaquia (clones).

Nas Tabelas 6 a 15 pode-se observar as características físicas e físico-químicas de frutos provenientes de progênes e clones. Os genótipos apresentaram uma alta variabilidade com relação a todos os parâmetros avaliados.

Tabela 6. Valores médios para comprimento (mm) de frutos de diferentes genótipos de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	36,75b	41,08a	41,66a	41,16a	41,83a	41,91a	40,58a
G2	32,75ab	32,58ab	32,58ab	31,17b	32,83ab	33,00ab	34,33a
G3	34,25c	35,50bc	36,91ab	38,00a	38,66a	39,08a	37,91a
G4	38,33c	38,08c	41,58a	39,25bc	40,67ab	39,50bc	39,33bc
G5	33,91ab	33,16ab	32,33b	33,41ab	32,75b	34,83a	32,50b
G6	34,75c	39,08ab	37,33b	40,25a	40,75a	38,66ab	39,83a
G7	26,36e	29,08d	29,83cd	31,58ab	30,67bc	29,67cd	32,83a
G8	33,00b	36,25a	35,91a	37,00a	35,75a	35,83a	36,91a
G9	34,00b	34,33ab	33,91b	35,83ab	36,25a	34,08b	35,25ab
G10	29,33c	31,58a	31,16ab	31,58a	31,25ab	31,08ab	29,58bc
G11	34,83c	35,16bc	35,75ab	36,33ab	36,75a	36,33ab	32,83d
G12	31,25b	31,58b	32,50ab	32,91ab	33,08ab	33,66a	32,42ab

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

Entre os genótipos avaliados observa-se que de um modo geral o comprimento aumenta com o avanço da maturação. No estágio totalmente verde o maior observado foi encontrado no genótipo G4 com um valor de 38,33 mm, o menor valor foi encontrado no genótipo G7 com 26,36 mm.

Frutos com coloração laranja, onde encontram-se com qualidade máxima de consumo os maiores valores foram observados nos genótipos G1, G4 e G6 com valores de 40,58; 39,33e 39,83 mm não existindo diferença significativa entre eles.

A variação de comprimento entre todos os genótipos avaliados e em todos os estádios de maturação foi de 26,36 mm no estágio totalmente verde para o genótipo G6 e de 41,91 mm no estágio amarelo predominante para o genótipo G1.

Soares et al. (2006) observaram em cajá no estágio de maturação maduro médias de comprimento variando de 29,5 a 39,8 mm. Entre os trabalhos consultados, a maior variação para no comprimento de caja foi de 26,6 a 40,2 mm (VASCONCELOS et al., 2000).

Costa (1998) estudando cajás no Brejo Paraibano observou que o comprimento teve um aumento linear, passando de 34 mm para 37 mm, correspondendo em termos percentuais a aumentos de 8% durante a maturação.

Tabela 7. Valores médios para diâmetro (mm) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	24,41c	28,41b	30,25a	29,91a	30,58a	30,25a	28,75b
G2	24,25bc	23,91bc	24,33bc	23,50c	25,00abc	25,67ab	26,50a
G3	25,08b	27,16ab	28,00a	28,66a	28,67a	29,16a	27,67a
G4	25,58d	26,91c	29,58ab	28,83b	30,17a	29,83ab	29,42ab
G5	26,58ab	26,58ab	25,41b	26,50ab	25,00b	27,91a	26,16b
G6	25,33c	30,91b	30,58b	31,75ab	33,00a	32,91a	32,25ab
G7	18,64d	22,33c	23,50bc	25,16a	25,58a	24,25ab	25,00a
G8	25,25b	29,08a	28,83a	29,75a	28,33a	29,25a	29,67a
G9	27,41c	27,58c	27,41c	29,50ab	30,33a	28,25bc	28,91ab
G10	23,42b	25,41a	25,17a	25,42a	25,17a	24,42ab	23,33b
G11	24,58d	26,17bc	26,25bc	27,41ab	28,00a	28,17a	25,08cd
G12	20,75d	21,50d	23,00c	23,58bc	24,91ab	25,25a	24,83ab

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

Na Tabela 7 observou-se que com o avanço da maturação houve um aumento do diâmetro. O valor máximo observado foi o referente ao genótipo G6 que apresentou o valor

máximo de 33,00 mm, estes valores são referentes ao estágio de maturação no qual os frutos já apresentavam características ótimas para o consumo. O menor valor foi verificado no genótipo G7 com valor de 18,64 mm no estágio de maturação totalmente verde.

Soares et al. (2006) observou valores para o diâmetro do fruto variando entre 18,3 a 26,8 mm, valores que se aproximam aos reportados por Vasconcelos et al. (2000) e Cabral et al. (2004), que foram de 20,3 mm e 29,4 mm, respectivamente.

Os resultados para comprimento e diâmetro de frutos oriundos de progênes e clones de cajazeiras neste trabalho, foram superiores aos reportados na literatura.

Costa (1998) em estudo com cajás o diâmetro teve um aumento linear, passando de 22 mm para 26 mm, correspondendo em termos percentuais a aumentos 15% na maturação.

Tabela 8. Valores médios para massa fresca (g) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	11,54d	18,14c	21,07a	20,73ab	21,10a	21,82a	19,33bc
G2	9,51cd	9,45cd	10,18bc	9,22d	11,16bc	11,66ab	13,30a
G3	11,43c	13,55bc	15,95ab	17,44a	17,20a	17,89a	15,73ab
G4	12,90c	14,06c	18,36ab	16,69b	18,90a	18,04ab	17,73ab
G5	12,12bc	12,56bc	11,46c	13,02abc	13,80ab	14,49a	11,93c
G6	10,11c	16,76b	16,31b	18,77ab	20,71a	20,35a	21,20a
G7	5,07e	8,02d	8,90cd	11,14ab	10,94b	10,13bc	12,40a
G8	12,40c	16,04b	15,63b	18,40a	15,41b	16,25b	17,30ab
G9	13,06c	13,52c	13,16c	16,32ab	17,28a	14,92bc	15,88ab
G10	8,27b	10,63a	10,41a	10,66a	10,38a	9,51ab	8,39b
G11	10,79e	12,69cd	13,35bc	14,60ab	15,57a	15,26a	11,33de
G12	7,57e	7,86d	9,28cd	10,51bc	11,46ab	12,44a	10,03bc

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

O genótipo G1 apresentou maiores valores para massa fresca para o estágio de maturação laranja (L), fruto com maturação completa, com valor de 21,82g. O menor valor foi observado no genótipo G7 com valor de 5,07 g no estágio totalmente verde.

Costa (1998) trabalhando com caju oriundas de Areia, PB em diferentes estádios de maturação e amadurecimento observou que a massa fresca aumentou de 10,5 g para 14,5 g no fim da maturação dos frutos ainda na planta.

Pinto et al. (2003) avaliando trinta genótipos de cajazeiras do estado da Bahia obtiveram peso médio de massa do fruto de 12,12 g e variações de 6,20 g a 18,00 g, podendo ser constatada a diversidade genética existente na espécie.

Moura et al. (2009), avaliando três genótipos de cajazeira observou valores máximos para a massa fresca de 16,5g e mínimos de 5,7g para frutos colhidos no estágio de maturação ótimo para consumo. Na literatura, a massa fresca de cajá varia de 6,8 g (Vasconcelos et al., 2000) a 24,9 g (RAMOS et al., 2004).

Segundo a classificação apresentada por Bosco et al. (2000), frutos com massa superior a 15 g são considerados grandes; são médios entre 12 g a 15 g; cajás com massas inferiores a 12g são pequenos. Com base nessa classificação, portanto, cajás oriundos de progênes e clones avaliados neste trabalho são frutos considerados grandes.

Observe-se que, mesmo se tratando de frutos fisiologicamente maduros desde o estágio totalmente verde (TV), verificou-se um aumento de massa fresca, o qual foi mais significativo para frutos maduros, do estágio laranja (L). Este aumento de massa fresca no final da maturação (amadurecimento) geralmente caracteriza um inchamento do fruto por absorção de água (AWAD, 1993). Observa-se que o aumento de massa fresca correspondeu a aumento de tamanho, tanto em comprimento quanto em diâmetro em cajás avaliados neste experimento.

Tabela 9. Valores médios para pH de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	2,60b	2,49d	2,53c	2,53c	2,58b	2,60b	2,65a
G2	2,37d	2,34e	2,33e	2,33e	2,40c	2,45b	2,49a
G3	2,25d	2,26d	2,30c	2,34c	2,42b	2,44ab	2,47a
G4	2,57bc	2,59ab	2,52d	2,53d	2,54d	2,57bc	2,59a
G5	2,57b	2,57b	2,58b	2,58b	2,56b	2,59b	2,65a
G6	2,46a	2,34g	2,36	2,35ef	2,44b	2,38de	2,40c
G7	2,61bc	2,53e	2,56de	2,56de	2,58cd	2,63ab	2,66a
G8	2,57a	2,48b	2,52ab	2,45b	2,48b	2,49ab	2,50b
G9	2,17bc	2,16bc	2,14d	2,21abc	2,23ab	2,26a	2,27a
G10	2,24b	2,26b	2,25b	2,28b	2,27b	2,37a	2,41a
G11	2,63a	2,49bc	2,45e	2,44e	2,46de	2,48cd	2,53b
G12	2,62b	2,49cd	2,43e	2,45de	2,47cd	2,50c	2,70a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B=Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

Os valores de pH variaram de 2,14 para o genótipo G9 no estágio de maturação início da pigmentação amarela a 2,66 para o genótipo G7 no estágio de maturação laranja.

Os dois métodos mais utilizados para medir a acidez de frutos e hortaliças são as percentagem de ácido orgânico e a concentração de íons hidrogênio ou pH. Pode ser generalizado que, para propósitos de indicar o parâmetro do sabor ácido ou azedo, a acidez total titulável é o método mais viável, enquanto que para determinar a qualidade dos produtos processados, o pH é o método mais útil (KRAMER, 1973).

O Ministério da Agricultura estabelece normas para o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) da polpa de cajá, exigindo valores mínimos de pH de 2,2, (BRASIL, 2000).

Os frutos nos estádios de maturação amarelo predominante e laranja, são os mais utilizados para o processamento da polpa de cajá, portanto todos os genótipos avaliados apresentaram valores superiores ao mínimo exigido na legislação, estando portanto dentro das normas do ministério da Agricultura.

Cavalcanti et al. (2009) estudando os componentes qualitativos de cajá em sete municípios do brejo paraibano, observou que os valores de pH da polpa variou de 2,28 a 3,06

entre as localidades e foi superior à amplitude de 1,75 a 2,57, para frutos de cajá-umbu no Estado de Pernambuco, apresentada por Lira Junior et al. (2005), porém similar ao valor médio de 2,61 encontrado por Pinto et al. (2003) e inferior à faixa de 2,45 a 3,17 verificada por Oliveira et al. (2000) em polpa de cajá no Estado da Bahia. Essa acidez elevada justifica por que os frutos de cajá, normalmente, não são consumidos ao natural (ALVES et al., 2005).

Pinto et al. (2003) registraram baixa variação para o pH trabalhando com 30 genótipos de cajazeiras na Bahia (2,26 a 2,95) com média de 2,61. Costa (1998) registrou média semelhante (2,63) em frutos maduros no Estado da Paraíba.

Oliveira et al. (2000) e Bastos et al. (1999) observaram médias para este fator de 2,81 e 2,54, respectivamente, analisando polpas congeladas. Valores inferiores aos registrados por Filgueiras et al. (2000) com média de 3,17 para a mesma variável.

Tabela 10. Valores médios para sólidos solúveis (%) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	6,33d	7,26c	8,40b	9,36a	9,60a	9,53a	8,96ab
G2	9,40e	10,03e	12,66d	15,37c	20,10ab	21,23a	18,53b
G3	9,76e	11,23d	12,40c	14,16b	14,10b	14,26b	16,60a
G4	9,07e	10,83d	12,00c	12,77b	13,43a	13,20a	12,73b
G5	10,40d	11,73cd	12,00c	13,20bc	13,73b	15,26a	16,00a
G6	7,00e	9,93d	11,00c	11,23c	12,67a	12,93a	11,90b
G7	7,80f	8,17ef	8,57e	11,03d	12,20c	13,73b	14,90a
G8	8,67d	9,83d	11,33c	11,63c	13,17b	14,00a	13,73a
G9	8,83d	10,37c	12,43b	12,20b	11,87b	13,57a	14,63a
G10	9,10f	10,33e	11,03d	11,30d	11,80c	12,50b	13,17a
G11	7,93c	8,06c	11,00b	11,93a	12,27a	12,00a	12,33a
G12	7,33f	8,07e	9,47d	12,13c	13,07b	14,33a	14,00a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

O teor de sólidos solúveis aumentou com o avanço da maturação para todos os genótipos avaliados. Os maiores valores foram observados para o genótipo G2 atingindo valores de 21,23% e o valor mínimo observado para o estágio de maturação laranja (L) foi de 8,86 % para o genótipo G1.

O nível de sólidos solúveis observados nos estádios de maturação amarela predominante e laranja, encontrados neste trabalho, estão acima do mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura conforme o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de cajá que é de 9,00 °Brix, com exceção dos genótipo G1 e G6 que apresentaram teores inferiores aos exigidos pela legislação (BRASIL, 2000).

Moura et al. (2006), observou valores para o teor de sólidos solúveis dos frutos, com valor médio de 14,1% variando entre 11,2 e 16,3%. Cabral et al. (2004) encontraram valores crescentes de SS para frutos na evolução do processo de maturação.

Costa (1998) avaliando cajás no brejo paraibano observaram que os teores de sólidos solúveis totais aumentaram com o avanço da maturação até valores máximos de 12,5 %.

Entre as principais reações bioquímicas do amadurecimento estão as modificações nos glicídeos. A maturação e o amadurecimento, de um modo geral, proporcionam uma maior doçura, refletida no aumento dos sólidos solúveis neste trabalho, devido ao aumento nos teores de açúcares simples decorrentes de processos de biossíntese, autoconversões ou de degradação de polissacarídeos existentes nos frutos, embora parte destes constituintes seja consumida através oxidação respiratória (CHEFTEL e CHEFTEL, 1992).

Sampaio (2002) utilizando atmosfera modificada e armazenamento de frutos de cajazeiras provenientes de Recife, PE, registrou variações de 12,06 a 13,08 °Brix do préclimatério ao pós-climatério, mas sem diferenças significativas.

Em trabalhos realizados por vários autores foram registradas variações significativas nos níveis de SST trabalhando com polpa de cajá congelada, compreendendo de 2,27 a 15,32 °Brix (COSTA, 1998; BASTOS et al., 1999; FILGUEIRAS et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2000; PINTO et al., 2003).

Tabela 11. Valores médios para acidez titulável (g.100g^{-1}) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	1,93a	1,77b	1,44c	1,45c	1,31d	1,31d	1,44c
G2	2,11a	1,75b	1,53c	1,50c	1,32d	1,16e	0,95f
G3	2,53a	2,02b	1,65c	1,68c	1,63cd	1,50cd	1,47d
G4	1,53a	1,36b	1,36b	1,28b	1,17c	1,10c	1,18c
G5	1,76a	1,52b	1,40c	1,33c	1,38c	1,31c	1,38c
G6	1,96a	1,71b	1,58b	1,59b	1,53b	1,53b	1,58b
G7	2,68a	1,81b	1,76b	1,73b	1,59b	1,29c	1,18c
G8	2,39a	2,11b	1,98c	1,88d	1,84d	1,83d	1,75e
G9	2,37a	2,16b	2,03c	1,89d	1,75e	1,73e	1,76e
G10	2,39a	2,01b	1,97b	1,81c	1,71d	1,64e	1,68de
G11	1,59b	1,52c	1,41d	1,33e	1,34e	1,50c	1,71a
G12	1,90a	1,79b	1,63c	1,44d	1,32e	1,31e	1,18f

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

Em relação à acidez titulável observa-se na Tabela 11, que houve diferença estatística significativa entre os estádios de maturação para cada genótipo avaliado, apresentando uma variação que oscilou entre o mínimo de $0,95 \text{ g.100g}^{-1}$ no estágio de maturação laranja para o genótipo G2 e máximo de $2,68 \text{ g.100g}^{-1}$ no estágio totalmente verde para o genótipo G7.

Todos os genótipos avaliados estão de acordo com a Legislação Vigente segundo o PIQ para cajá, apresentando valores superiores ao mínimo exigido de 0,9 % (BRASIL, 2000).

De acordo com Lima et al. (2002) e Pinto et al. (2003), podem-se considerar os genótipos com AT acima de 1,00% em ácido cítrico como os de maior interesse para a agroindústria, tendo em vista não haver necessidade da adição de ácido cítrico para conservação da polpa, artifício utilizado para minimizar o desenvolvimento de microrganismos.

Mendonça (2008) em avaliação dos frutos de cajazeira observou valores de acidez titulável semelhantes aos obtidos neste trabalho que variaram de 0,97 a 2,5 % de ácido cítrico, com média de 1,67% e coeficiente de variação de 2,42 %. Pinto et al. (2003) trabalhando com genótipos de cajazeiras no Estado da Bahia observaram um coeficiente de variação de 29 %.

Percentuais de acidez total mais próximo aos obtidos neste trabalho foram reportados por Lima et al. (2002), em pesquisa com polpas de umbu-cajá, cujos valores variaram de 2,40 a 1,55% de ácido cítrico, com comportamento e resultados semelhantes aos também apresentados por Costa (1998) com cajás.

Tabela 12. Valores médios para SS/AT de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	3,29e	4,10d	5,81c	6,49b	7,32a	7,27a	6,19bc
G2	4,45e	5,72e	8,26d	10,24c	15,29b	18,31a	19,57a
G3	3,86e	5,55d	7,48c	8,46bc	8,63bc	9,49b	11,52a
G4	5,91f	7,95e	8,84d	9,97c	11,48ab	11,97a	10,78b
G5	5,91d	7,72c	8,55c	9,91b	9,94b	11,64a	11,56a
G6	3,57d	5,89c	6,95b	7,09b	8,31a	8,48a	7,52b
G7	2,94f	4,51e	4,88e	6,37d	7,70c	10,61b	12,61a
G8	3,63f	4,67e	5,71d	6,19c	7,13b	7,66a	7,85a
G9	3,73e	4,79d	6,10c	6,47bc	6,79b	7,84a	8,30a
G10	3,82f	5,14e	5,58d	6,23c	6,89b	7,62a	7,83a
G11	4,99d	5,33d	7,80b	8,99a	9,17a	8,03b	7,25c
G12	3,87f	4,51f	5,81e	8,39d	9,91c	10,95b	11,85a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

A relação sólidos solúveis e acidez titulável aumentou com o avanço da maturação e o genótipo G2 (progênie) apresentou os maiores valores que variaram de 4,45 a 19,57 para frutos totalmente verde (TV) e laranja (L), respectivamente (Tabela 12). Os menores valores observados no genótipo G1 com uma variação de 3,29 no estágio totalmente verde, para 7,27 no estágio amarelo predominante.

A relação SS/AT vem sendo o índice mais indicado para a avaliação da palatabilidade, dando uma idéia do equilíbrio entre os açúcares e acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005; KAYS, 1997). O sabor e o aroma dos frutos dependem de complexas interações entre açúcares e ácidos orgânicos, além da participação de fenóis e outros componentes voláteis (SEYMOUR et al., 1993).

Moura et al. (2006) encontrou valores para a relação SS/AT, com média de 10,5, com variação de 4,9 a 16,7. Outros resultados reportados na literatura para a SS/AT variam entre 4,4 (VASCONCELOS et al., 2000) e 33,67 (VAL, 1997). Os resultados reportados por Cabral et al. (2004), para cajás colhidos em diferentes estádios de maturação, mostram que a SS/AT variou entre 4,6 e 9,8, tendo os maiores valores correspondido aos frutos maduros. Saliente-se que os valores baixos geralmente indicam sabor ácido ou frutos azedos. De acordo com Pinto et al. (2003), a relação SS/AT constitui uma forma de avaliar a receptividade do consumidor decorrente do sabor dos frutos, consistindo num melhor indicador de sabor do que os conteúdos de açúcares e de acidez, medidos isoladamente.

Dos 12 genótipos de cajazeiras analisados, somente frutos de cinco genótipos (progênes G2, G4 e G5 e os clones G7 e G12) apresentaram relações de SS/AT acima do valor mínimo (10,00) estabelecido pelo PIQ (Brasil, 2000) para o estágio de maturação amarelo predominante em cajá. Já para o estágio de coloração laranja somente os frutos de seis genótipos (progênes G2, G3, G4 e G5 e os clones G7 e G12) mantiveram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação.

Lima et al. (2002), estudando frutos de umbu-cajá, verificaram que a relação SS/AT aumentou consideravelmente entre os estádios dos frutos em início de pigmentação para frutos parcialmente amarelos, na medida em que os frutos apresentaram maior grau de maturação.

A tendência da redução da acidez total e o aumento dos sólidos solúveis e da relação SS/AT, após completa expansão do fruto, evidenciaram que o cajá pode ser colhido a partir do momento que os frutos atingirem o estágio amarelo predominante na planta para processamento ou consumo quase imediato.

A relação SS/AT propicia uma boa avaliação do sabor dos frutos, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares e de acidez (PINTO et al., 2003).

Para o mercado consumidor de frutas frescas e/ou processadas, a relação SS/AT elevada é desejável. Neste contexto, destaca-se o genótipo 2 que apresentou um valor de 19,57 para o estágio de coloração laranja.

Tabela 13. Valores médios para ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	21,11c	26,57b	22,32c	30,57a	21,23c	21,84c	22,56c
G2	56,06ab	53,14bc	59,70a	53,63bc	47,56e	49,02cd	49,26cd
G3	47,57a	43,19bc	41,25cd	40,77d	45,14b	31,30f	33,49e
G4	10,35ab	10,34ab	11,02a	10,73ab	9,34b	10,68ab	10,43ab
G5	40,77e	37,86f	39,55ef	42,95d	49,51a	45,38c	47,32b
G6	9,27b	10,19a	8,98bc	6,06e	8,25cd	7,76d	7,52d
G7	24,27a	17,11b	11,53c	10,19cd	8,25d	9,34cd	8,71cd
G8	5,22e	6,55d	7,28cd	8,37ab	8,37ab	8,74a	7,77bc
G9	13,83a	13,47a	14,20a	14,44a	11,89b	11,89b	7,76c
G10	7,89b	8,25ab	7,77bc	8,62a	8,13ab	7,64bc	7,16c
G11	7,16b	8,25ab	8,73a	7,76ab	8,25ab	8,01ab	7,16b
G12	11,89a	10,68a	10,43ab	10,68a	11,16a	8,61bc	7,77c

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

O cajá não é reconhecido como um fruto rico em ácido ascórbico. Porém, alguns genótipos apresentaram conteúdos elevados, principalmente o genótipo G2 com valores que variaram de 49,02 a 59,70 $\text{mg} \cdot 100^{-1}\text{g}$ (Tabela 13). Os valores mínimos de ácido ascórbico foram observados nos genótipos G10 e G11 equivalente a 7,16 $\text{mg} \cdot 100^{-1}\text{g}$.

De um modo geral observou-se um decréscimo do teor de ácido ascórbico com o avanço da maturação para os genótipos avaliados. Estes decréscimos podem ser devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase, que apresenta maior atividade nos frutos maduros que nos verdes, explicando perda deste composto bioativo ao final da maturação, no amadurecimento (BUTT, 1980; MAPSON, 1970). Moura et al.(2009) reportou médias de 14,93 a 49,06 $\text{mg}/100 \text{ g}$ de ácido ascórbico para os diferentes genótipos de cajazeiras avaliados.

Mendonça (2008) observou média de 25,27 $\text{mg}/100 \text{ g}$ de vitamina C e faixa de 20,35 a 37,84 $\text{mg}/100 \text{ g}$ avaliando a qualidade de genótipos de cajazeiras oriundos do Meio-Norte. Altas variações também foram observadas por Bastos et al. (1999), Oliveira et al. (2000) e

Pinto et al. (2003) para esta característica, encontrando variações de 1,15 a 33,26; 2,72 a 20,47 e 6,99 a 23,85 mg/100 g de vitamina C, respectivamente.

Filgueiras et al. (2000) trabalhando com cajazeiras no Estado do Ceará observou valores de ácido ascórbico de 36,86 mg/100 g.

Tabela 14. Valores médios para açúcares redutores (mg.100g⁻¹ de glicose) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	0,30f	0,70e	1,80d	2,04c	2,29b	2,64a	2,32b
G2	2,45g	2,85f	3,56e	4,98d	5,91c	7,38b	8,72a
G3	1,43g	2,38f	3,73e	6,00d	7,00b	7,36a	6,58c
G4	2,47c	2,37c	3,72b	5,11a	5,72a	5,27a	5,55a
G5	2,47d	3,59c	4,65b	4,84b	5,19a	5,32a	5,39a
G6	0,23d	0,91d	2,81b	2,81b	3,75a	2,95b	2,33b
G7	1,63e	1,61e	2,07de	2,92cd	3,62c	5,09b	6,11a
G8	1,13f	1,81e	2,95c	2,74d	3,37b	3,23b	3,70a
G9	1,37g	1,87f	2,98e	3,92c	3,68d	4,55b	4,71a
G10	1,67f	2,85e	3,65d	4,31c	4,89ab	5,01a	4,76b
G11	0,37g	1,20f	2,83e	3,48b	3,30c	3,80a	3,00d
G12	0,66f	1,10e	3,48d	4,29c	5,03ab	5,14a	4,90b

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

Neste estudo foram observados valores de máximos de 8,72 mg.100⁻¹g para os açúcares redutores no estágio final de maturação, valor correspondente ao genótipo G2. O menor valor observado no estágio de maturação laranja foi de 2,32 mg.100⁻¹g para o genótipo G1 (Tabela 14).

Os açúcares redutores representam aproximadamente 90 % dos açúcares solúveis totais no final da maturação. Em avaliações realizadas com frutos no Estado do Ceará foram observadas variações no teor de açúcares solúveis totais e redutores de 7,22 a 8,41 % e 6,28 a 7,65 %, entre os estádios de maturação predominantemente amarelo e amarelo, respectivamente (FILGUEIRAS et al., 2000).

O conteúdo de açúcares redutores se constitui principalmente de glicose e frutose. A quantificação do teor de açúcares individuais é importante quando se objetiva avaliar o grau de doçura do produto, pois o poder adoçante desses açúcares é variado e aumenta na sequência glicose: sacarose: frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Tabela 15. Valores médios para açúcares totais (%) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	0,57f	0,94e	2,67d	4,16c	4,70b	5,19a	4,36c
G2	3,20g	3,93f	4,41e	5,06d	6,78c	8,10b	9,50a
G3	1,59g	2,60f	4,70e	6,64d	7,64c	8,52b	9,50a
G4	4,51f	3,82g	4,99e	6,71c	7,03b	7,60a	6,48d
G5	3,29g	5,18f	5,96e	6,90d	7,61c	8,10b	8,71a
G6	0,71f	2,36e	3,66d	4,89c	6,01b	6,72a	6,41a
G7	1,80d	2,06d	2,90cd	3,68bc	4,31b	4,85b	6,70a
G8	1,73f	3,07e	3,96d	5,09c	5,26bc	5,45b	6,61a
G9	1,97f	2,70e	3,36d	4,00c	4,61b	5,90a	5,95a
G10	2,63e	5,63d	6,03c	6,55b	6,72b	7,25a	7,38a
G11	0,39f	1,80e	3,79d	4,69c	5,20b	5,21b	5,71a
G12	1,42g	2,31f	3,62e	4,78d	5,28c	6,20b	6,57a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

De acordo com a Tabela 15 os valores de açúcares totais variaram de 0,39% no estágio de maturação totalmente verde para o genótipo 11 a 9,50% no estágio de maturação laranja para os genótipos G2 e G3.

Moura et al. (2009) analisando os açúcares totais, observaram valores entre 5,34 e 7,47% para os diferentes genótipos avaliados. Leon e Shaw (1990) citam teores entre 6,74 e 9,41% de açúcares solúveis totais em cajá. Esses valores são próximos aos observado neste estudo.

Em avaliações de trinta genótipos de cajazeiras do Estado da Bahia, Pinto et al. (2003) registraram variações de 5,78 a 12,18 % para os açúcares solúveis totais, obtendo média de 9,45 %. Costa (1998) encontrou valor médio de 9,4 % para a mesma variável no município de Areia, PB.

Oliveira et al. (2000) avaliando o perfil químico de qualidade de polpas congeladas de cajá produzidas e comercializadas no Estado da Bahia observaram média de 4,93 % de açúcares solúveis totais. Valores ainda menores foram registrados por Bastos et al. (1999a) fazendo uma análise qualitativa e tecnológica da agroindústria de polpa de fruta na região Nordeste, observando variações de 1,03 a 6,84 % e média de 3,54 %.

Tabela 16. Valores médios para amido (%) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	4,39a	3,73b	3,47c	3,07d	2,62e	2,31f	1,94g
G2	6,40a	5,52b	4,80c	3,99d	2,78e	2,33f	1,96g
G3	6,81a	5,56b	4,87c	4,28d	3,36e	2,50f	2,12g
G4	4,29a	3,87b	3,65c	3,10d	2,47e	2,20f	1,38g
G5	3,77a	3,43b	2,87c	2,25d	1,89e	1,47f	0,96g
G6	4,63a	4,13b	3,65c	3,04d	2,37e	1,98f	1,49g
G7	5,01a	4,81ab	4,41bc	3,92cd	3,43d	2,76e	2,16f
G8	4,67a	3,84b	3,49c	2,94d	2,52e	2,17f	1,87g
G9	5,58a	4,70b	4,34c	3,70d	3,40e	2,48f	2,14g
G10	4,08a	3,62b	3,38c	2,77d	2,16e	1,81f	1,29g
G11	3,31a	2,99b	2,53c	2,14d	1,64e	1,20f	0,84g
G12	3,46a	3,00b	2,34c	1,90d	1,46e	1,01f	0,70g

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

Em todos os genótipos avaliados observou-se um decréscimo no teor de amido com o avanço da maturação. Esse declínio de amido correspondeu ao início do amadurecimento, quando ocorreu o aumento no conteúdo de sólidos solúveis totais. Esse aumento em açúcares livres é atribuído principalmente à hidrólise de carboidratos de reserva como o amido (SASS, 1993).

Tabela 17. Valores médios para clorofila (mg.100g¹) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	10,63a	9,71b	8,52c	6,03d	2,92e	2,06f	1,58g
G2	11,60a	10,11b	6,51c	4,17d	3,07e	2,26f	1,76g
G3	11,09a	8,86b	6,78c	5,11d	3,44e	2,23f	1,53g
G4	10,96a	7,78b	4,43c	3,04d	2,02e	1,83f	1,47g
G5	8,56a	7,15b	5,64c	3,49d	2,02e	1,74e	0,94f
G6	8,60a	7,14b	3,63c	3,07d	2,1e	1,63f	1,26f
G7	7,70a	6,28a	4,64b	3,78bc	2,66cd	1,65d	1,34d
G8	11,61a	10,34b	8,16c	5,73d	3,13e	1,74f	1,30g
G9	8,84a	6,65b	5,24c	4,74d	2,74e	1,96f	1,45g
G10	8,86a	7,10b	4,91c	3,07d	2,43e	1,77f	1,31g
G11	9,24a	8,16b	5,99c	4,81d	2,83e	1,70f	1,36g
G12	10,56a	7,44b	5,30c	4,09d	2,17e	1,76f	1,44g

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

O conteúdo de clorofila na casca dos frutos avaliados chegou a um nível mínimo no estágio de maturação de coloração laranja (L). Esse declínio indica a presença de sistemas oxidativos para degradação da clorofila acionados nesta fase da maturação (AWAD, 1993; KADER, 1986; KAYS, 1997), sendo que a degradação estrutural da clorofila, causada principalmente por mudanças de pH, é resultante da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade da clorofilase, paralelo ao acúmulo de carotenóides.

A maioria das mudanças de coloração nos frutos são associadas com a diminuição do conteúdo de clorofila nos cloroplastos, ocasionada por transformações em sua membrana interna durante a maturação e amadurecimento (LOONEY E PATTERSON, 1967), revelando outros pigmentos (KAYS, 1997).

Tabela 18. Valores médios para carotenóides ($\mu\text{g. } 100\text{g}^{-1}$) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	5,34g	8,40f	13,54e	18,35d	26,91c	36,45b	44,96a
G2	8,09f	11,06e	16,33d	21,00c	27,85b	34,40a	35,91a
G3	9,87g	12,90f	16,80e	23,90d	29,40c	35,90b	42,54a
G4	15,51g	20,67f	26,05e	28,66d	33,70c	42,40b	48,41a
G5	6,58f	8,36f	12,99e	18,18d	25,97c	31,29b	36,34a
G6	9,90g	13,74f	17,65e	22,52d	28,63c	35,13b	40,93a
G7	15,80e	15,16e	23,90d	30,38c	36,09bc	40,93ab	46,79a
G8	9,43g	13,04f	19,67e	24,87d	33,83c	39,73b	46,36a
G9	11,39g	15,69f	19,18e	23,63d	33,83c	45,95b	57,98a
G10	10,49g	13,86f	19,68e	25,87d	32,51c	37,54b	44,67a
G11	12,50g	17,76f	26,04e	37,64d	43,09c	52,29b	57,08a
G12	14,89f	18,34e	21,14e	28,82d	34,54c	44,01b	53,07a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

O máximo valor para o teor de carotenóides na casca foi observado no genótipo clone G9 com um valor de 57,98 $\mu\text{g/g}$ no estágio final de maturação de coloração laranja (L). Moura et al. (2009) reportou valores de carotenoides que variaram de 19,81 a 43,33 $\mu\text{g}/100\text{g}$. Rodriguez-Amaya e Kimura (1989) observaram valores de 17,3 $\mu\text{g}/100\text{g}$ estudando em cajá no estágio de maturação maduro.

Tabela 19. Valores médios para flavonóides amarelos ($\text{mg. } 100\text{g}^{-1}$) de frutos de diferentes genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos	Estádios de Maturação						
	TV	B	IP	AV	VA	AP	L
G1	25,50a	21,71b	21,76b	19,67c	17,10d	19,32c	18,80c
G2	44,32a	40,92a	28,39d	31,16bc	34,05b	39,34a	31,90bc
G3	27,84bc	25,75c	22,60d	29,42ab	30,95a	27,88bc	30,49ab
G4	30,91b	34,81a	38,00a	31,33b	35,39a	29,30b	30,32b
G5	30,03c	28,72c	30,56c	32,73b	29,71c	38,59a	40,29a
G6	48,88a	47,00a	31,48bc	32,78b	27,41c	27,56c	27,85c
G7	56,90a	55,63ab	51,86ab	45,73bc	38,00d	41,14cd	48,90ab
G8	25,07a	23,80a	17,36c	18,54c	20,50b	18,50c	20,63b
G9	20,89c	19,84d	18,01e	22,41b	21,80bc	22,67b	29,85a
G10	29,07a	29,46a	26,93b	23,41c	21,63d	22,97c	29,11a
G11	46,85a	40,62bc	40,32bc	31,04d	42,21b	37,13c	38,73bc
G12	34,84c	46,67a	35,96c	37,57bc	33,42c	42,19ab	33,04c

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Estádios de maturação: TV= Totalmente Verde; B= Transição de cor; IP= início da pigmentação amarela; VA= pigmentação verde predominante com traços amarelos; AV= pigmentação amarela predominante, com traços verdes; AP= amarelo predominante; L=laranja.

3.2 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais foi utilizada para resumir as características de físico-químicas permitindo identificar dois componentes principais, que representam 70% da variância total das características originais (Tabela 20).

O primeiro componente foi responsável por aproximadamente 53,96% e o segundo por 15,76% dessa variação (Tabela 20) (Figura 18). O componente principal 1, permitiu separar as variáveis em dois grupos. Os valores dos coeficientes de ponderação (autovetores), para cada característica, apresentados na Tabela 20, permitiram a constatação de que o primeiro componente principal (CP1) está relacionado positivamente com as variáveis do lado direito (Figura 18A), Sólidos solúveis (SS), Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), Açúcares redutores (AR), Açúcares Totais (AT) e Carotenóides (CARCASCAS), o outro grupo possui uma relação inversa, formado por variáveis identificadas: Amido, Acidez total titulável

(ATT) e Clorofila (CLCASCASCA) enquanto o segundo componente (CP2) encontra-se relacionado com o parâmetro Vitamina C (VITC).

Tabela 20. Autovetores em dois componentes principais (CP1 e CP2), das características físico-químicas de frutos de genótipos de cajazeiras. Areia, UFPB, 2010.

Característica	CP1	CP2
pH	0,0991	- 0,3782
Sólidos Solúveis	0,3541	0,2976
Acidez Titulável	- 0,3223	0,1088
Ácido Ascórbico	0,0395	0,6138
SS/AT	0,3721	0,1719
Açúcar Redutor	0,3636	0,2534
Açúcar Total	0,3761	0,1434
Amido	- 0,3286	0,3560
Clorofila	- 0,3624	0,1538
Carotenóides	0,3281	-0,2862
Flavonóides	0,0028	-0,1813
λ	5,93	1,73
VA (%)	53,96	69,72

λ = Autovalor da matriz de correlação.

VA = Variância acumulada.

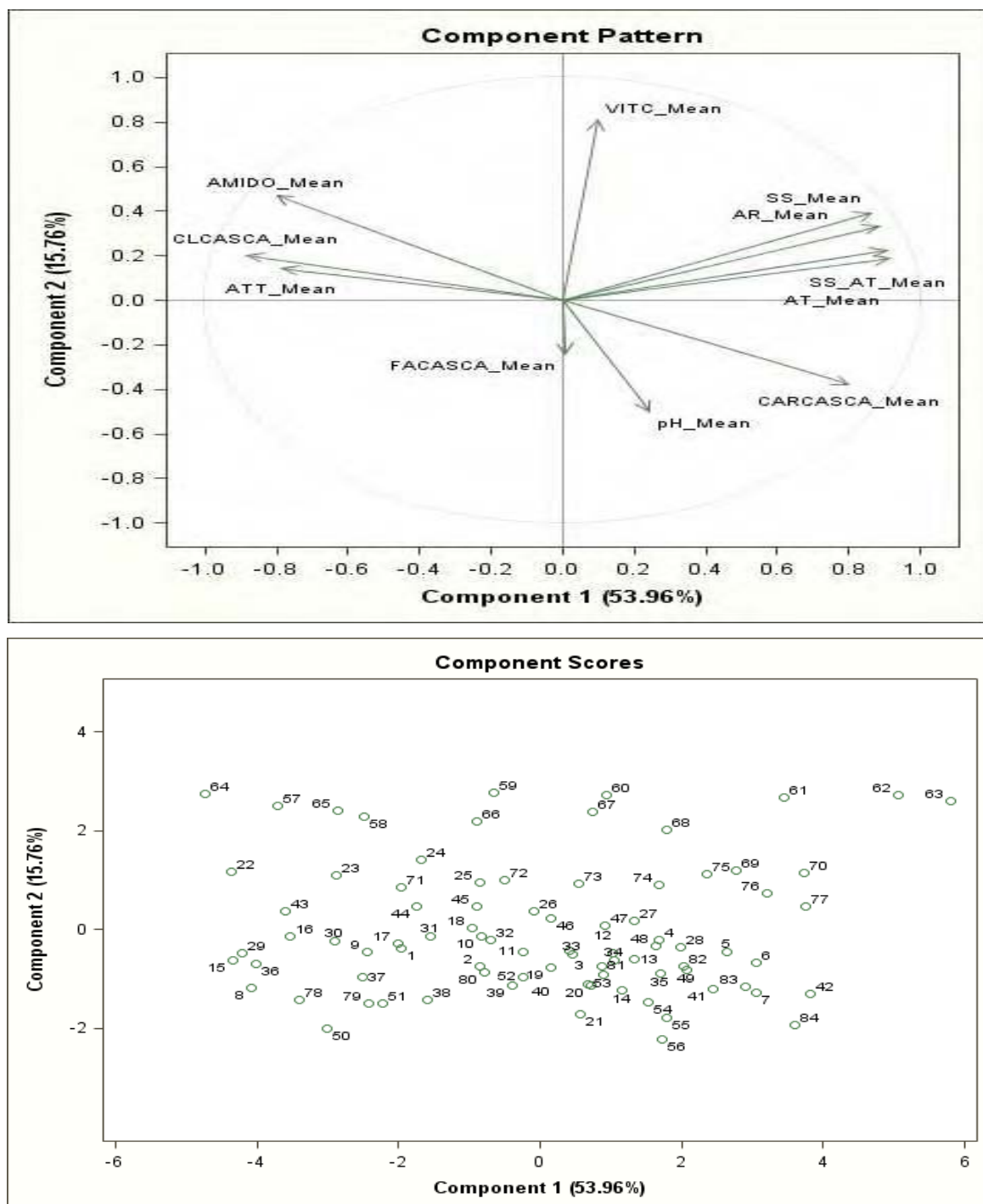


Figura 18. (A) Projeções das variáveis no plano formado pelos componentes principais 1 x 2. Legenda: pH; SS= Sólidos solúveis; ATT= Acidez titulável; SS_AT= Relação sólidos solúveis e acidez titulável; AR= Açúcares redutores; AT= Açúcares totais; Amido; CLCASCA= Clorofila da casca; CARCASCA= Carotenóides da casca; FACASCA= Flavonóides da casca (B) – Projeções dos doze genótipos em sete estádios de maturação no plano formado pelos componentes principais 1 x 2.

4. CONCLUSÕES

Com base nas características físico-químicas, frutos de cajazeira oriundos do genótipo progênie G2 apresentaram aspectos de qualidade mais promissores, quanto ao conteúdo de açúcares e presença de compostos bioativos.

Os genótipos clones apresentaram em geral, tamanhos e massa fresca inferior às progênies.

Os frutos da cajazeira atingem a mais alta palatabilidade no estágio de maturação com coloração da casca laranja quando apresentaram valores máximos da relação SS/AT.

Frutos de alguns genótipos avaliados apresentaram-se fora dos Padrões de Identidade e Qualidade no estágio de maturação amarelo predominante e laranja para a relação SS/AT.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. E; SOUZA, F. X. de; CASTRO, A. C. R. de; RUFINO, M. do S. M.; FERREIRA, E. G. **Produção de fruteiras nativas**: Instituto Frutal, 2005, p. 213.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists - **Official Methods of Analysis** 12. ed. Washington: AOAC, 1992.1115p.

ARNON, D.I. Cooper enzymes infisolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in Beta vulgaris. **Plant Physiology**. Washington, v.24, n.1, p.1-15,1985.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

BASTOS, M. S. R.; OLIVEIRA, M. E. B de.; FEITOSA, T. **Diagnóstico setorial da agroindústria de polpa de fruta na Região Nordeste**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 1999c. 29p. (Embrapa – CNPAT. Boletim de Pesquisa, 22).

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR FILHO, S. P. de.; BARROS, R. V. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA, 2000. 29p. (Documentos, 28).

BRASIL. Portaria nº 136 de 01/04/1999, o Ministério da Agricultura e do Abastecimento define e estabelece os **Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de cajá**, 2000.

BROSCHAT, T.K. Principal component analysis in horticultural research. **Hortscience**, v. 14, n. 2, p.114-117, 1979.

BUTT, V. S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPE, P. K.; CONN, E. E. The biochemistry of plants: a comprehensive treatise. **Academic Press**, New York, v.2, p.81-123, 1980.

CABRAL, G.S.; CASSIMIRO, C.M.; SOARES, K.T.; SILVA, S. de MELO.; SANTOS, A.F. dos. Caracterização físico-química de frutos de clones de cajazeira em diferentes estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. 1 CD-ROM.

CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L.O.; PEREIRA, W.E.; COSTA, A.P.M.; CAVALCANTE, I.H.L. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo Paraibano. **Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá**, v. 31, n. 4, p. 627-632, 2009.

CARADUS, J.R.; DUNLOP, J.; WEWALA, S.; MACKAY, A.D.; HART, A.L.; BOSCH, J. van den; HAY, M.J.M.; LAMBERT, M.G. Nitrogen and phosphorus concentrations of white clover genotypes differing in response to added phosphorus. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 36, p. 79-86, 1993.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. v.1. pg. 172.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2º. ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COSTA, N. P. **Desenvolvimento, maturação e conservação pós-colheita de frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.)**. 1998, 97f. Dissertação (Mestrado no Curso em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1998.

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

FILGUEIRAS, H. A. C., MOURA, C. F. H, ALVES., R. E. cap.5. Cajá (*Spondias mombin*) In: **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: Funep. 66p. Série Frutas Nativas, 9, 2000.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: P. Markakis, Editor, *Anthocyanins as food colors*, Academic Press, New York (1982), pp. 181–207.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 2005, 371p.

JACKSON, J.E. **A user's guide to principal components**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 569 p.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.40, n.5, p. 99-104, 1986.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens, Avi, 1997. 532p.
 KRAMER, A. Fruits and Vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B.A. *Quality Control for the Food Industry*. Connecticut: Avi Publishing Company, 1973. v. 2, p.157-227.

LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

LEON, J., SHAW, P. E. *Spondias: the red mombin and related fruits* In: NAGY, S. SHAW, P.E., WARDOWSKI, W.F. *Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses*. Lake Alfred: FSS, 1990. p. 116-126.

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

LIRA JÚNIOR, J.S.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; MOURA, R.J.M. Recursos Genéticos de *Spondias* em Pernambuco: cajazeira, cirigueleira e cajá-umbuzeiro. In: *Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins*. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

LOONEY, N. E.; PATTERSON, M. E. Chlorophyllase activity in apples and bananas during the climacteric phase. **Nature**, v.1, n.214, p.245-246, 1967.

MAPSON, L. W. Vitamins in fruits. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic Press, 1970. 618 p.

MENDONÇA, R.U. **Qualidade e potencial de utilização de cajás (*Spondias mombin* L.) oriundos da região meio-norte do Brasil**. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Ceará, 58p. 2008.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MOURA, N.P.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.;A.G. Caracterização físico-química de três genótipos de cajazeiras do banco de germoplasma do IPA e do CEASA. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE**, 2009. Recife:Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco. v.1, 2009.

OLIVEIRA, M. E. B. de.; FEITOSA, T.; BASTOS, M. S. R. et al. Perfil químico de qualidade das polpas de acerola, cajá e caju comercializadas no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22. n. Especial, p. 9-15, 2000.

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

RAMOS, J.V.; VIEIRA, E.S.; LEITE, J.B.V.; BARRETO, W.S.; LINS, R.D.; SACRAMENTO, C.K. do.; FRAIFE FILHO, G. de A. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de cajazeiras na região sudeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. 1 CD-ROM.

REETZ, E. R. **Anuário brasileiro de fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2007.

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

SASS, P. **Fruit Storage**. Mezogazda, Budapest, 1993. 348p.

SAMPAIO, S. A. de. **Transformações durante o amadurecimento pós-colheita de frutos de cajazeira (*Spondias mombin* L.), ciriguela (*Spondias purpurea* L.) e mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes.)**. (Dissertação de Mestrado), João Pessoa: UFPB, 2002. 78p.

SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. **Biochemistry of Fruit Ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo. 428p.

SOARES, E.B.; GOMES, R.L.F.; MELLO, J.G.; NASCIMENTO, F.N.; SILVA, I.C.V.; COSTA, J.C.L. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Rev. Bras. Frutic.** v. 28, n.3, 2006.

STROHECKER, R.; HENNINV, H. N. **Analisis de vitaminas: Métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

VAL, A.D.B. do. **Caracterização de frutos e superação da dormência de sementes de cajá (*Spondias mombin* L.)**. 1997. 29f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 1997. p. 29

VASCONCELOS, L.F.L.; OLIVEIRA, F.C.; SOUSA, V.A.B.; SOUZA, C.L.; ARAÚJO, E.C.E. Caracterização físico-química de frutos de cajá (*Spondias mombin* L.) coletados na região Meio-Norte do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 16., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p.137.

CAPÍTULO IV

COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA-PB COLHIDOS EM SETE ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA-PB COLHIDOS EM SETE ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

A cajazeira é uma árvore frutífera de ocorrência espontânea no semi-árido nordestino, seus frutos são explorados essencialmente de forma extrativista. A polpa do fruto da cajazeira assume posição de destaque no tocante ao aspecto comercial, em função do aroma, sabor e palatabilidade que oferece ao ser degustado nas mais variadas formas. Entretanto, para fins de agregação de valor, é necessário verificar aspectos mais aprofundados da qualidade desse fruto em termos da presença de compostos bioativos e da capacidade antioxidante da polpa. Este trabalho teve como objetivo avaliar a presença de compostos bioativos, polifenóis extraíveis e a atividade antioxidante de frutos de cajazeiras (*Spondias mombin*, L), provenientes de genótipos progênie e clones do BAG EMEPA-PB. Os frutos foram colhidos em sete estádios de maturação e avaliados quanto ao teor de clorofila, carotenóides, flavonóides amarelos, polifenóis extraíveis e atividade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoléico. Os frutos dos genótipos de cajazeiras analisados apresentaram em sua composição, substancial presença de substâncias biologicamente ativas, principalmente os relacionados a compostos fenólicos e pigmentos. A atividade antioxidante avaliada pelo método β -Caroteno/Ácido Linoléico apresentaram um percentual de inibição da oxidação superior a 75% para todos os genótipos em estudo no tempo de 120 minutos. Frutos provenientes de genótipos clones apresentaram um maior percentual de atividade antioxidante.

Palavras-chave: cajá, pigmentos, polifenóis extraíveis e inibição oxidação.

**BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF FRUITS OF
GENOTYPES OF YELLOW MOMBIN TREES OF BAG EMEPA-PB COLLECTED
IN SEVEN STAGES OF MATURITY**

ABSTRACT

The yellow mombin tree is a fruit tree spontaneously occurring in semi-arid region of Brazilian Northeast and the fruits of this tree are exploited only by extraction. The pulp of yellow mombin fruit stands out with regard to the commercial aspect, because of the flavor, taste and palatability to be savored in various ways. However, for purposes of adding value, it is necessary to check more detailed aspects of the quality of this fruit in terms of the presence of bioactive compounds and antioxidant capacity of the pulp. This study aimed to evaluate the presence of bioactive compounds, extractable polyphenols and antioxidant activity of yellow mombin fruit (*Spondias mombin*, L), from progeny genotypes and clones of BAG EMEOA-PB. The fruits were harvested in seven stages of maturation and evaluated by the levels of chlorophyll, carotenoids, flavonoids yellow, extractable polyphenols and antioxidant activity by the method β -carotene/linoleic acid. The fruits of yellow mombin tree analyzed presented in its composition, substantial presence of biologically active substances, especially those related to phenolic compounds and pigments. The antioxidant activity evaluated by β -carotene/linoleic acid showed a percentage inhibition of oxidation than 75% for all genotypes in the study time of 120 minutes. Fruits from cloned genotypes showed a higher percentage of antioxidant activity.

Keywords: yellow mombin fruit, oxidation, inhibition, polyphenols

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações dos fruticultores da região Nordeste do Brasil é a agregação de valor às fruteiras extrativistas, que atraem cada vez mais interesse devido ao aumento no seu potencial de mercado tendo em vista a busca pela diversificação da oferta (CRISÓSTOMO, 1997).

Existe uma vasta gama de frutas – nativas e exóticas – que se convencionou chamarem de “potenciais”. Elas ocupam mais ou menos o mesmo espaço, outrora reservado às espécies já reconhecidas e produzidas comercialmente a nível nacional, dentre as nativas com potencial, podem-se destacar as do gênero *Spondias* (LORENZI et al., 2006). Estas frutas vêm sendo ainda mais valorizadas através de ferramentas de marketing poderosas, na qual algumas frutas são agrupadas com denominação de “Superfruits” com base na presença de substâncias com potenciais benefícios à saúde (<http://www.superfruits.org/>). Estas frutas contêm, além dos nutrientes essenciais e outras como minerais, fibras, vitaminas, diversos compostos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis aos quais têm sido atribuídos a redução do risco de câncer (BUFFETTA et al., 2010).

A ênfase na busca de alimentos que contribuem para uma alimentação saudável tem aumentado intensamente em todo o mundo. Alimentação variada, colorida, equilibrada em quantidade e qualidade é a garantia de que estamos recebendo todos os nutrientes essenciais necessários e recomendados (LAJOLO, 2003).

A dieta habitual fornece, além dos macro e micronutrientes essenciais, alguns compostos químicos, presentes, em sua maioria, em frutas e hortaliças, que exercem uma potente atividade biológica, já comprovada por diversos estudos. Esses compostos são chamados de compostos bioativos ou, algumas vezes, de fitoquímicos e podem desempenhar diversos papéis em benefício da saúde humana (CARRATU e SANZINI, 2005; BUFFETTA et al., 2010).

O estudo desses compostos bioativos de alimentos inspirou o conceito de alimentos funcionais. O termo alimento funcional originou-se no Japão em 1980, quando foi utilizado pela indústria para descrever alimentos fortificados com ingredientes específicos, inferindo-lhes certos benefícios à saúde. Compostos bioativos são constituintes extras nutricionais e ocorrem tipicamente em pequenas quantidades nos alimentos. O interesse neles cresce a cada ano. Estudos epidemiológicos, que abordam principalmente uma dieta rica em alimentos de origem vegetal, apresentam resultados interessantes, sugerindo que esses alimentos são capazes de exercer influência na redução do risco do desenvolvimento de doenças crônicas

não-transmissíveis, como cardiovasculares, cânceres, distúrbios metabólicos, doenças neurodegenerativas e enfermidades inflamatórias (CARRATU e SANZINI, 2005).

Lajolo (2006) descreve alimento funcional como alimento semelhante em aparência ao alimento convencional, consumido como parte da dieta usual, capaz de produzir efeitos metabólicos ou fisiológicos úteis na manutenção de uma boa saúde física e mental, podendo auxiliar na redução de risco de doenças crônico-degenerativas, além das suas funções nutricionais básicas. O termo se aplica ao alimento ou bebida com alegação de algum benefício à saúde, baseada em evidências científicas.

Os compostos bioativos são, em sua maioria, metabólitos secundários. Geralmente, estão relacionados com os sistemas de defesa das plantas contra a radiação ultravioleta ou as agressões de insetos ou patógenos (MANACH et al., 2004). Como existem em grande número, eles podem ser subdivididos em grupos com milhares de compostos distintos. Algumas substâncias são próprias de alguma espécie ou gênero de plantas, outras são agrupadas por um complicado critério de classificação.

Como a maioria dos fitoquímicos bioativos possui capacidade antioxidante, o somatório desses potenciais confere a capacidade antioxidante total. Além disso, os compostos antioxidantes presentes nas frutas e hortaliças podem produzir sinergismo ou inibição entre si. Por isso torna-se interessante, além de avaliar as moléculas isoladamente, estudar o potencial no contexto mais amplo, ou seja, extratos totais obtidos das frutas (ROMBALDI et al., 2006).

Desta forma, o objetivo deste experimento foi avaliar a presença de compostos bioativos, polifenóis extraíveis e a capacidade antioxidante de frutos colhidos em sete estádios de maturação provenientes de genótipos progênies e clones de cajazeiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Seleção do Material Vegetal

Foram selecionados frutos de doze genótipos pertencentes ao BAG EMEPA-PB, sendo que dessas plantas seis eram clones e seis eram progênies (Tabela 22). Os frutos foram colhidos manualmente entre 6:00 e 9:00 da manhã, em sete estádios de maturação levando em consideração a coloração da casca. Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas isotérmicas para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foi realizada seleção quanto à aparência, estádios de maturação e ausência danos físicos ou doenças.

Os frutos foram classificados em sete estádios de maturação, quando apresentavam coloração totalmente verde (TV), Breacker (B), início da pigmentação amarela (IP), pigmentação verde predominante com traços amarelos (VA), pigmentação amarela predominante, com traços verdes (AV), amarelo predominante (AP) e laranja (L). (Figura 48)

Tabela 21. Classificação dos estádios de maturação de frutos de cajazeiras oriundos de genótipos progênies e clones, com base na coloração da casca em associação com a Carta de Munsell para tecidos vegetais.

ESTÁDIOS*		PIGMENTAÇÃO APARENTE	COR MBC**	
1	TV	Totalmente verde	2,5 GY	6/6
2	B	Breacker	2,5 GY	7/8
3	IP	início da pigmentação amarela	2,5 GY	8/8
4	VA	pigmentação verde predominante com traços amarelos	5Y	8/8
5	AV	pigmentação amarela predominante, com traços verdes	5Y	8/10
6	AP	amarelo predominante	2,5Y	8/8
7	L	laranja	2,5Y	8/12

*Estádios de maturação conforme Figura 48; ** Conforme Munsell Book of Color (Munsell, 1976).



Figura 19. Escala de evolução dos estádios de maturação de frutos de cajazeira.

Tabela 22. Genótipos de Cajazeiras de BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênies) e estaquia (clones).

Genótipos		Número do Acesso	Origem
Progênies (BAG 01)	G1	8 ²	João Pessoa
	G2	8 ⁶	João Pessoa
	G3	29 ²	Cruz do Espírito Santo
	G4	29 ³	Cruz do Espírito Santo
	G5	36	João Pessoa
	G6	38	João Pessoa
Clones (BAG 02)	G7	11 ¹	João Pessoa
	G8	16	Areia
	G9	17	Areia
	G10	18	Areia
	G11	35	Areia
	G12	35 ¹	Areia

2.2. Delineamento Experimental

Para os parâmetros físico-químicos utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 7 x 12 com três repetições (12 frutos/repetição), sendo sete estádios de maturação e doze genótipos de cajazeira.

2.3 Avaliações

2.3.1 Determinação de Compostos Bioativos

Clorofila da polpa (mg.100⁻¹g): Foi utilizado cerca de 1g de matéria fresca, triturada em almofariz com areia lavada na presença de 5 mL de acetona 80% e 5 mg de CaCO₃, deixando

extrair por 24 horas no escuro a 4°C, de acordo com modificações do método de Arnon (1985) e calculado de acordo com fórmula descrita por Engel e Poggiani (1991);.

Carotenóides Totais da polpa ($\mu\text{g}.100\text{ g}^{-1}$ da amostra) - Determinado de acordo com Higby (1962);

Flavonóides amarelos da polpa ($\text{mg}.100^{-1}\text{g}$): quantificados de acordo com método espectrofotométrico conforme Lees e Francis (1972). Após a extração dos flavonóides com o solvente extrator (etanol 95% e HCl 1,5N, na proporção 85:15 v/v), a absorbância a 374nm foi medida. O teor de flavonóides amarelos foi expresso em $\text{mg}.100^{-1}\text{g}$.

2.3.2 Polifenóis Extraíveis Totais-PET

A determinação foi feita conforme descrito pelo método de LARRAURI et al. (1997). Tomou-se em um Becker 1,0 g da amostra, adicionando 40mL de metanol 50% e deixou-se extraíndo por 1h. Em seguida, foram centrifugados a 15.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 100mL, o resíduo foi transferido para um Becker adicionando 40mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 h. Em seguida foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado juntamente ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume com água destilada. O resíduo foi reservado para determinação de taninos condensados. Em tubos de ensaio; colocou-se uma alíquota do extrato de 0,1 mL, acrescida de 0,9 mL de água destilada. Agitou-se e depois de 30 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda a 700nm e o resultado expresso em $\text{mg}.100\text{g}^{-1}$ de ácido gálico.

2.3.3 Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do b-caroteno/ácido linoléico

A atividade antioxidante foi determinada pelo método descrito originalmente por Marco (1968) e posteriormente modificado por Miller (1971). Para o preparo da solução sistema, adicionaram-se 40ul de ácido linoléico, 14 gotas de Tween 40, 50ul de solução de b-caroteno (20mg/mL de clorofórmio) e 1mL de clorofórmio em erlenmeyer. Posteriormente, a mistura foi submetida a completa evaporação do clorofórmio. A esta mistura isenta de clorofórmio, adicionou-se água previamente saturada com oxigênio durante 30 min e agitou-

se vigorosamente. A solução sistema, assim preparada, apresentou-se límpida com absorvância entre 0,6 e 0,7 em 470nm.

Em tubos de ensaio, diferentes volumes de extratos fenólicos obtidos dos frutos de cajazeira para as concentrações e 1g/L, 3g/L e 5g/L foram adicionados a 5 mL de solução de β -caroteno com ácido linoléico. O mesmo foi realizado para o antioxidante padrão Trolox na concentração de 200mg/L.

As leituras das absorvâncias foram realizadas imediatamente e com intervalos de 15min, durante 120min, em espectrofotômetro, mantendo sempre os tubos em banho-maria a 50°C. As análises foram realizadas em três repetições. A atividade antioxidante em percentual de inibição da oxidação, como expresso a seguir:

- % Inibição da oxidação (%IO): o percentual de proteção do extrato fenólico de cajá no sistema de co-oxidação de substratos foi calculada em relação ao decaimento da absorvância do controle usando as seguintes equações:

Fórmulas: $A_c = A_{\text{sinicial}} - A_{\text{sfinal}}$

$A_{am} = A_{\text{abs inicial}} - A_{\text{abs final}}$

Onde: c = controle

A_m = amostra

$\%I.O. = (A_c - A_m) / A_c \times 100$

2.4 Análise Estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente mediante a Análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste de Scott-Knott entre as médias a 5% de probabilidade.

Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais (BROSCHAT, 1979), sendo estudada a resposta desses componentes aos fatores estudados (CARADUS et al., 1993), e o autovalor da matriz de correlação (λ) foi considerado até 0,70, conforme critério de Jolliffe (JACKSON, 1991).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliações

3.1.1 Quantificação dos compostos bioativos

Os conteúdos de clorofila de frutos de doze genótipos de cajazeira colhidos em sete estádios de maturação estão apresentadas na Tabela 23.

O conteúdo médio de clorofila total nos diferentes genótipos variou entre 0,20 a 4,89 mg.100g⁻¹ de polpa. Em todos os genótipos avaliados, o teor de clorofila reduziu com o avanço da maturação. A maior quantidade foi encontrada no genótipo clone G6 no estágio TV de maturação no qual o fruto apresentava-se totalmente verde e o menor conteúdo no genótipo progênie G5, no estágio L de maturação, quando fruto encontrava-se completamente maduro apresentando coloração laranja.

Tabela 23. Valores médios do teor de clorofila (mg.100g⁻¹) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos		Estádios de Maturação						
		TV	B	IP	VA	AV	AP	L
Progênes	G1	3,31Ba	1,98Bb	0,62Cc	0,57Cc	0,48Cc	0,44Bc	0,26Ac
	G2	3,31Ba	2,12Bb	1,00Bc	0,89Bc	0,82Bc	0,45Bc	0,33Ac
	G3	2,30Ca	1,58Bb	0,98Bb	0,67Cc	0,54Cc	0,50Bc	0,47Ac
	G4	1,39Da	1,09Ca	0,62Cb	0,50Cb	0,42Cb	0,35Bb	0,30Ab
	G5	0,66Da	0,51Ca	0,34Ca	0,30Ca	0,25Ca	0,20Ba	0,20Aa
	G6	4,89Aa	2,99Bb	0,69Cc	0,66Cc	0,50Cc	0,58Bc	0,37Ac
	G7	2,07Ca	1,35b	1,06Bb	1,05Bb	0,81Bb	0,69Bc	0,60Ac
Clones	G8	1,95Ca	1,51Ba	1,34Bb	0,99Bb	0,80Bb	0,48Bc	0,31Ac
	G9	1,46Ca	1,12Ca	0,60Cb	0,49Cb	0,35Cb	0,31Bb	0,28Ab
	G10	1,10Da	0,77Ca	0,58Cb	0,45Cb	0,41Cb	0,33Bc	0,27Ac
	G11	2,79Ca	2,48Aa	2,07Aa	1,85Ab	1,52Ab	1,06Ab	0,58Ac
	G12	4,24Aa	2,40Ab	0,98Bc	0,77Bc	0,56d	0,40Bd	0,24Ad

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott Knott. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott Knott.

A degradação da clorofila ocorre durante os processos de maturação em função da atividade das enzimas clorofilases, peroxidases e pela ação direta da luz (HEATON e MARANGONI, 1996; IKEMEFUNA e ADAMSON, 1984).

Tabela 24. Valores médios do teor de carotenóides totais ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos		Estádios de Maturação						
		TV	B	IP	VA	AV	AP	L
Progênes	G1	2,54Cc	4,46Cc	6,39Cc	8,45Bb	9,70Bb	11,09Db	14,76Da
	G2	3,01Bb	4,66Cb	7,96Cb	13,07Ba	18,97Ba	20,97Ca	25,21Ca
	G3	4,22Bc	5,85Cc	6,83Cc	9,63Bb	12,97Bb	14,00Da	16,49Da
	G4	1,79Cc	4,07Cb	6,66Cb	6,73Cb	8,35Bb	9,50Db	12,48Da
	G5	1,80Cc	3,40Cb	4,23Cb	5,58Cb	6,57Cb	8,08Da	10,16Da
	G6	3,88Bb	4,22Cb	4,97Cb	5,78Cb	7,48Cb	9,47Da	12,22Da
Clones	G7	8,60Ac	14,09Ac	25,99Ab	27,32Ab	33,05Aa	36,38Ba	40,69Ba
	G8	3,94Bc	5,85Cc	7,65Cc	8,28Bb	10,33Bb	12,80Db	21,82Ca
	G9	9,16Ac	9,83Bc	12,21Bc	15,97Bc	29,70Ab	38,41Bb	51,47Aa
	G10	5,76Bc	8,23Bc	18,36Bb	23,89Ab	28,82Ab	32,03Ba	37,42Ba
	G11	8,95Ac	13,15Ac	24,65Ab	33,67Aa	39,64Aa	48,18Aa	53,21Aa
	G12	9,44Ac	12,22Ac	16,35Bb	20,19Ab	31,44Aa	34,71Ba	38,69Ba

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott.

Com relação ao teor de carotenoides, frutos do genótipo clone G11 foi o que apresentou o maior conteúdo ($53,21 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), e o menor conteúdo foi detectado no genótipo progênie G5 ($10,16 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) quando os frutos apresentavam amadurecimento pleno na planta, de acordo com a Tabela 18.

Moura et al. (2009) encontraram valores de carotenóides totais que variaram de 19,81 a $43,33 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ obtidos para três genótipos do Banco Germoplasma do IPA.

Rodriguez-Amaya e Kimura (1989) encontraram valores de $20,0 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de carotenóides totais na polpa congelada de cajá. Já Harmano e Mercadante (2000) ao avaliarem produtos comerciais de cajá encontraram valores de $20,6 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para polpa de cajá e $16,7 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para o suco.

Pode-se observar na Tabela 24 que o teor de carotenóides aumentou com o avanço da maturação, para todos os genótipos avaliados. As plantas provenientes de estaquia (clones) apresentaram teores mais elevados de carotenóides.

O conteúdo de carotenóides das frutas aumenta durante a maturação, sendo que parte da intensificação da cor se deve à degradação da clorofila (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004).

O conteúdo de carotenóides dos vegetais pode ser afetado pelo estágio de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, as condições de processamento e armazenamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993, 2000).

Tabela 25. Valores médios de flavonóides amarelos ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) em frutos de genótipos progênies e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos		Estádios de Maturação						
		TV	B	IP	VA	AV	AP	L
Progênies	G1	3,91Aa	3,68Ba	3,46Ba	3,15Ba	2,86Bb	2,46Bb	2,18Cb
	G2	5,32Aa	4,93Aa	4,51Aa	4,16Ba	3,60Bb	3,38Bb	2,98Bb
	G3	4,43Aa	3,65Ba	2,92Bb	2,81Cb	2,48Bb	2,57Bb	2,72Bb
	G4	4,55Aa	4,09Ba	3,56Bb	3,47Bb	2,98Bb	3,14Bb	2,98Bb
	G5	2,04Ca	2,03Ca	2,08Ca	1,98Ca	1,73Ca	1,83Ca	2,00Ca
	G6	5,60Aa	3,85Bb	2,06Cc	1,96Cc	1,89Cc	2,19Cc	1,98Cc
Clones	G7	2,82Ca	2,71Ca	2,47Ca	2,13Ca	1,82Cb	2,09Cb	2,02Cb
	G8	2,27Ca	2,02Ca	1,91Ca	1,91Ca	1,76Ca	1,75Ca	1,81Ca
	G9	2,16Ca	2,04Ca	1,79Cb	1,72Cb	1,57Cb	1,56Cb	1,37Cb
	G10	2,11Ca	2,24Ca	1,79Cb	1,82Ca	1,67Cb	1,87Ca	1,82Ca
	G11	5,30Aa	5,03Aa	5,16Aa	4,81Ba	4,43Aa	4,61Aa	4,39Aa
	G12	7,20Aa	7,34Aa	6,76Aa	6,84Aa	5,29Ab	5,64Ab	5,25Ab

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott.

Pode-se verificar para os flavonóides amarelos (Tabela 25), uma pequena variação entre os diferentes genótipos, apresentando teor mínimo de $1,37 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, para o genótipo clone G9, e máximo de $5,25 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, para o genótipo clone G12.

Rufino (2008) reportou valores de $7,1 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, para flavonóides amarelos em polpa de cajá, notadamente superiores aos encontrados neste trabalho.

Segundo Harborne (1967); Fennema (1993), os flavonóis (quercetina) e as flavonas (luteolina) são os grupos de flavonóides responsáveis pela cor amarela que sempre acompanham as antocianinas em frutos, provavelmente porque apresentam vias biossintéticas semelhantes. Estes pigmentos pertencem ao grupo dos flavonóides que têm sido relatados como compostos que possuem capacidade antioxidante (PIETTA, 2000).

Os flavonóides atuam como antioxidantes na inativação dos radicais livres, tanto em compartimentos celulares lipofílicos como hidrofílicos. Esses compostos têm a capacidade de doar átomos de hidrogênio e, portanto, inibir as reações em cadeia provocadas pelos radicais livres (HARTMAN e SHANKEL, 1990; ARORA et al., 1998).

3.1.2 Polifenóis Extraíveis Totais-PET

Na Tabela 26, estão expressos os valores dos polifenóis extraíveis em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras em sete estádios de maturação.

Tabela 26. Valores médios de polifenóis extraíveis totais em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos		Estádios de Maturação						
		TV	B	IP	VA	AV	AP	L
Progênes	G1	102,06Ba	48,27Cb	37,01Cb	36,48Cb	41,83Cb	34,68Cb	29,12Cb
	G2	86,36Ba	82,51Ca	75,97Ba	65,39Ca	41,36Cb	38,06Cb	29,39Cb
	G3	45,87Ca	33,11Ca	21,50Ca	39,43Ca	35,04Ca	26,86Ca	29,05Ca
	G4	94,13Ba	92,49Ba	83,02Ba	84,60Ba	64,04Cb	64,43Bb	62,49Bb
	G5	66,10Ca	58,63Ca	68,83Ba	63,49Ca	65,15Ca	69,52Ba	70,96Ba
	G6	199,12Aa	152,24Ab	110,73Ab	107,27Ab	89,32Bc	76,69Bc	71,41Bc
Clones	G7	81,40Ca	79,91Ca	71,34Ba	66,51Cb	54,00Cb	41,52Cb	42,75Cb
	G8	68,81Cb	56,71Cb	57,61Cb	56,61Cb	84,41Ba	71,48Ba	65,50Bb
	G9	41,83Ca	34,48Ca	24,69Ca	31,46Ca	23,93Ca	21,57Ca	34,86Ca
	G10	156,03Ba	126,58Aa	128,24Aa	142,68Aa	100,66Ab	98,12Ab	102,88Ab
	G11	199,61Aa	130,60Ab	72,91Bc	79,08Bc	74,66Bc	65,74Bc	53,69Cc
	G12	200,65Aa	116,52Bb	75,19Bb	64,43Cb	70,00Bb	60,75Bb	58,32Cb

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott.

Os polifenóis extraíveis totais oscilaram entre 29,05 mg.100g⁻¹, no genótipo progênie G3, e 200,65 mg.100g⁻¹ no genótipo clone G12 (Tabela 26).

Dantas Júnior (2008) na avaliação de frutos de genótipos de umbuzeiro, encontrou valores de polifenóis extraíveis que variaram entre 21,26 mg.100g⁻¹ a 49,66 26 mg.100g⁻¹., portanto, o aporte de polifenóis em frutos da cajazeira é superior aos do umbuzeiro.

Estudos recentes relatam que compostos fenólicos têm se mostrado bons contribuintes para a capacidade antioxidante total dos alimentos nos quais estão presentes, embora sua relevância nutricional seja incerta pela sua pobre absorção e rápida metabolização, associada a sua limitada ação antioxidante in vivo (ZULUETA, 2007).

3.1.3 Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico

Os resultados do percentual de inibição da oxidação (%) pelo Sistema β -caroteno Ácido Linoleico, dos extratos de cajá encontram-se na Tabela 27.

Os genótipos progênes apresentaram os menores percentuais de inibição de oxidação com valores que variaram de 76,65 e 89,58 %, já os clones apresentaram valores que variaram de 86,47 a 97,42% quando os frutos apresentavam coloração laranja, sendo estes resultados semelhantes aos reportados por Rufino (2008), em polpa de cajá (92,7%).

Tabela 27. Percentual médio de inibição da oxidação em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras colhidos em sete estádios de maturação.

Genótipos		Estádios de Maturação						
		TV	B	IP	VA	AV	AP	L
Progênes	G1	82,07Ba	85,74Ba	74,31Bb	76,23Bb	73,08Bb	75,81Bb	76,65Bb
	G2	85,64Ba	85,02Ba	84,04Ba	92,63Aa	89,01Aa	89,14Aa	88,58Ba
	G3	86,97Ba	83,74Ba	79,58Ba	85,72Ba	83,30Ba	82,06Ba	83,74Ba
	G4	96,12Aa	95,01Aa	87,73Bb	87,66Bb	83,02Bb	86,97Bb	84,82Bb
	G5	85,87Bb	86,06Bb	82,88Bb	90,37Aa	92,31Aa	90,56Aa	89,58Aa
	G6	90,29Aa	90,72Aa	87,30Bb	84,19Bb	91,15Aa	81,62Bb	89,01Aa
	G7	86,78Bb	89,37Ba	83,15Bb	90,70Aa	82,61Bb	82,19Bb	86,45Bb
Clones	G8	73,33Bb	73,55Bb	73,78Bb	77,66Bb	90,89Aa	92,77Aa	92,83Aa
	G9	77,60Bb	76,04Bb	71,42Bb	76,95Bb	90,17Aa	88,47Bb	90,10Aa
	G10	95,19Aa	95,27Aa	95,70Aa	77,43Bb	77,49Bb	93,64Aa	97,42Aa
	G11	94,47Aa	96,00Aa	93,20Aa	94,93Aa	94,07Aa	95,53Aa	94,27Aa
	G12	95,27Aa	93,60Aa	93,67Aa	95,07Aa	94,04Aa	94,93Aa	95,07Aa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas de letras maiúscula diferentes na mesma coluna diferem si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott.

O sistema β -caroteno/ácido linoleico baseia-se na descoloração do β -caroteno induzida pelos produtos da oxidação do ácido linoleico. A utilização de antioxidantes retarda a queda da absorbância do β -caroteno, protegendo os substratos lipídicos da oxidação (SOKMEN et al., 2004).

Silva (2008), em estudos com diferentes genótipos de umbu-cajá relatou valores de 60,93% de inibição da oxidação.

Na Tabela 28 pode-se observar as correlações dentre atributos bioativos, polifenóis extraíveis e inibição da oxidação.

Tabela 28. Correlações dentre atributos bioativos, polifenóis extraíveis e inibição da oxidação em frutos de genótipos progênes e clones de cajazeiras.

Atributos	Teste de Correlações de Pearson e Probabilidades entre os Atributos em Frutos de Genótipos de Cajazeiras				
	Inibição Oxidação	Polifenóis Extraíveis	Carotenóides	Clorofila	Flavonóides Amarelos
Inibição Oxidação	1,00	0,38*	0,63**	0,60**	0,76**
Polifenóis Extraíveis	-	1,00	- 0,17	0,73**	0,49**
Carotenóides	-	-	1,00	- 0,23	0,64**
Clorofila	-	-	-	1,00	0,87**
Flavonóides Amarelos	-	-	-	-	1,00

(*) Indica probabilidade de erro $\leq 5\%$, (**)Indica probabilidade de erro $\leq 1\%$, Correlação de Pearson (forças de -1 a + 1).

A correlação de Pearson poderá fornecer informações valiosas sobre a dinâmica entre atributos, potencializando a validade dos resultados. Deste modo, as forças de (-) 1 a +1, expostas na Tabela 22, podem ser interpretadas como positiva e inversa (-), nenhuma (0,0), desprezível (0,01 a 0,09), baixa (0,10 a 0,29), moderada (0,30 a 0,49) substancial (0,5 a 0,69) e muito forte ($\geq 0,70$), conforme as sugestões clássicas de Davis (1976).

No âmbito dos bioativos, de forma geral, os flavonóides amarelos apresentaram uma correlação positiva ($p \leq 1\%$) muito forte com o percentual de inibição da oxidação e substancial com o teor de polifenóis extraíveis. Os teores de clorofila e carotenóides apresentaram uma correlação positiva substancial com o percentual de inibição da oxidação, já os polifenóis extraíveis apresentaram uma correlação ($p \leq 1\%$) positiva moderada.

3.1.4 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais foi utilizada para resumir as características avaliadas permitindo identificar dois componentes principais, que representam 73% da variância total das características originais (Tabela 29).

O primeiro componente foi responsável por aproximadamente 45,48% e o segundo por 27,63% dessa variação (Tabela 29). Os valores dos coeficientes de ponderação (autovetores), para cada característica, apresentados na Tabela 29, permitiram a constatação de que o primeiro componente principal (CP1) está relacionado positivamente com as variáveis, clorofila (CLO), Flavonóides Amarelos (FLAVO), Polifenóis extraíveis totais (POLIF) e Inibição da Oxidação (IO) enquanto o segundo componente (CP2) encontra-se relacionado com os parâmetros de carotenóides (CAR) e Inibição da Oxidação (IO).

Tabela 29. Autovetores em dois componentes principais (CP1 e CP2), das características avaliadas de frutos de genótipos de cajazeiras. Areia, UFPB, 2010.

Característica	CP1	CP2
Clorofila	0,5407	-0,2993
Carotenóides	- 0,1199	0,7411
Flavonóides Amarelos	0,5144	0,1408
Polifenóis Extraíveis	0,5365	-0,0728
Inibição da Oxidação	0,3750	0,5795
λ	2,27	1,38
VA (%)	45,48	73,12

λ = Autovalor da matriz de correlação.

VA = Variância acumulada.

Na Figura 20, encontra-se a dispersão gráfica dos escores, num sistema de coordenadas, no qual os eixos são representados pelos dois primeiros componentes principais e as coordenadas de cada variável são estabelecidas por escores desses dois componentes.

Quanto genótipos, verifica-se que a numeração na Figura 20 B, o números 8 (Genótipo G6 no estádio totalmente verde) e 78 (Genótipo G12 no estádio totalmente verde) por exemplo, evidenciaram valores elevados de clorofila, flavonóides amarelos, polifenóis extraíveis e inibição da oxidação e menores valores de carotenóides.

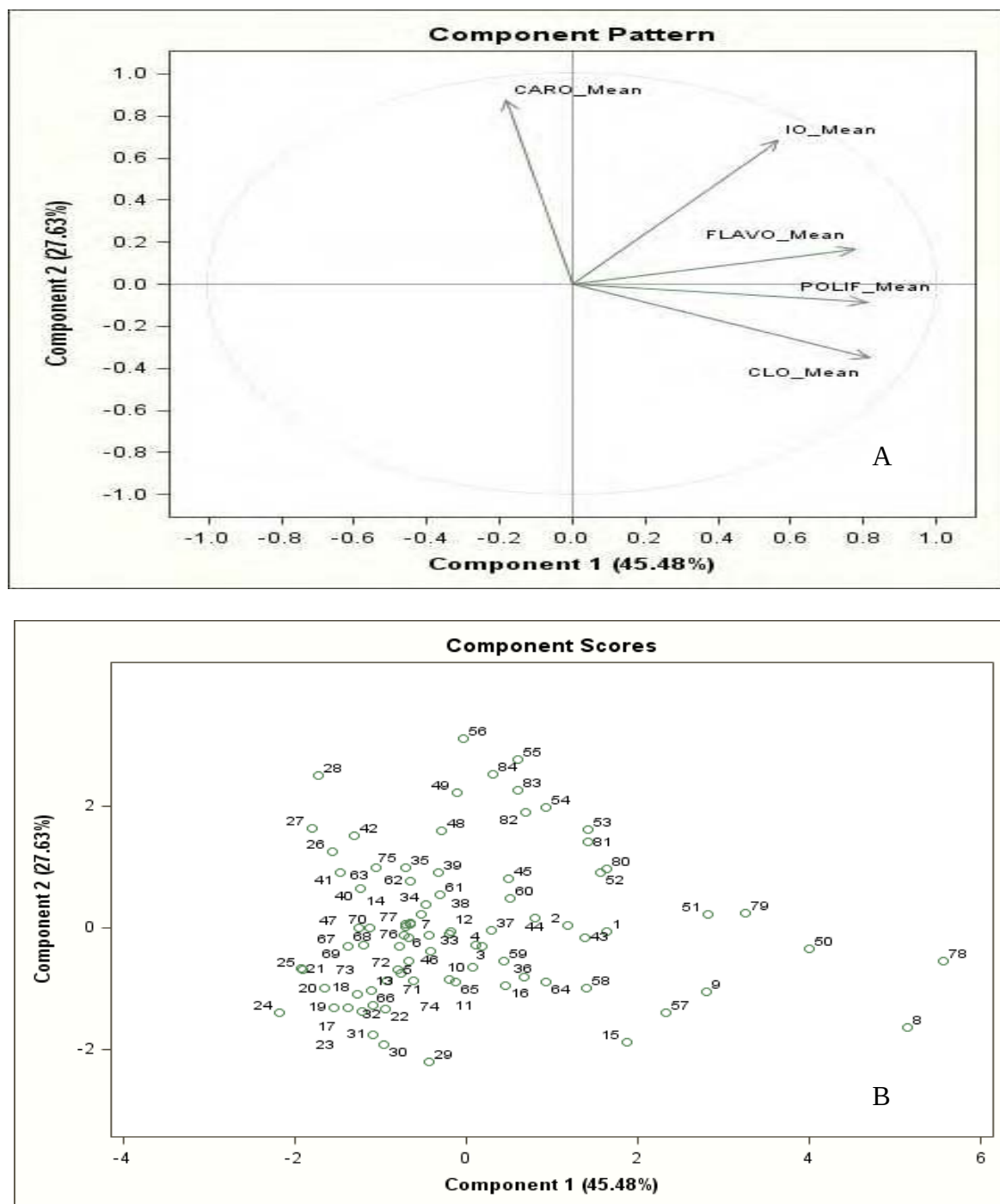


Figura 20. (A) Projeções das variáveis no plano formado pelos componentes principais 1 x 2. Legenda: CAR= Carotenóides; IO= Inibição da Oxidação; POLIF= Polifenóis; CLO= Clorofila; FLA= Flavonóides Amarelos. (B) – Projeções dos doze genótipos em sete estádios de maturação no plano formado pelos componentes principais 1 x 2.

4. CONCLUSÕES

Os frutos dos genótipos de cajazeiras analisados contêm em sua composição substancial presença de substâncias biologicamente ativas, principalmente os relacionados a compostos fenólicos e pigmentos, tais como: flavonóides amarelos, clorofila e carotenóides e constituem uma fonte potencial de antioxidantes naturais para a dieta humana.

De um modo geral os genótipos clones avaliados apresentaram maiores atividades antioxidantes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D.I. Cooper enzymes infisolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in Beta vulgaris. **Plant Physiology**. Washington, v.24, n.1, p.1-15,1985.

ARORA A.; NAIR M. G.; STRASBURG G. M. Structure-activity relationships for antioxidant activities of a serie of flavonoids in a lipossomal system. **Free Radicals in Biology & Medicine**, New York, v. 24, n. 9, p. 1355-1363, 1998.

BOFFETTA, P. et al. Fruit and Vegetable Intake and Overall Cancer Risk in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition (EPIC). **Journal of the National Cancer Institute Advance, Oxford**, v. 102, n.8, p.529-537, 2010.

BROSCHAT, T.K. Principal component analysis in horticultural research. **Hortscience**, v. 14, n. 2, p.114-117, 1979.

CARADUS, J.R.; DUNLOP, J.; WEWALA, S.; MACKAY, A.D.; HART, A.L.; BOSCH, J. van den; HAY, M.J.M.; LAMBERT, M.G. Nitrogen and phosphorus concentrations of white clover genotypes differing in response to added phosphorus. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 36, p. 79-86, 1993.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Ann. Ist.Super Sanità**, v. 41, n.1, p.7-16, 2005.

CRISOSTÓMO, R.B.B. **As frutas silvestres no contexto da biodiversidade do litoral cearense**. Fortaleza, 1997, 24f. Monografia (graduação em Agronomia), Universidade Federal do Ceará.

DANTAS JÚNIOR, O.R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do Semi-Árido Nordeste**.Areia, 2008, 106p. Tese (Doutor em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

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

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Editora Acribia, S. A. Zaragoza, Espanha,1993, 1095p.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: P. Markakis, Editor, *Anthocyanins as food colors*, Academic Press, New York (1982), pp. 181–207.

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

HARTMAN, P.E., SHANKEL, D.M. Antimutagens and anticarcinogens: a survey of putative interceptor molecules. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, New York, v.15, n.3, p.145-182, 1990.

HARBORNE, J.B. **Comparative Biochemistry of the flavonoids**. London: Academic Press, 1967, 383p.

HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Foods Science eTechnology**, v.7, p.8-15, 1996.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962.

IKEMEFUNA J.; ADAMSON, I.; Chlorophyll and carotenoid changes in ripening palm fruit, *Elaeis guineensis*. **Phytochemistry**, v. 23, n.7, p. 1413-1415, 1984.

JACKSON, J.E. **A user, s guide to principal components**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 569 p.

LARRAURI, J. A.; PUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 45, p.1390-1393, 1997.

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

LAJOLO, F. M. Alimentos Funcionais: uma visão geral. In: ALVES, R. E; BRITO, E. S.;RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006. p. 133-141.

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

LORENZI, H. **Frutas Brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006, 672p.

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

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

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Importancia nutricional de los pigmentos carotenóides. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v.54, n.2, Caracas, jun. 2004.

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

MOURA, N.P.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L;A.G. Caracterização físico-química de três genótipos de cajazeiras do banco de germoplasma do IPA e do CEASA. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE**, 2009. Recife:Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco. v.1, 2009.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

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

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHATALAMBOUS, F. (Ed.). Shelf life of foods and beverages – chemical, biological, physical and nutritional aspects. Amsterdam: **Elsevier Science**, p.547-589. 1993.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. **J.Food Compos. Anal.**, Orlando, v. 13, p.641-647, 2000.

ROMBALDI, C.V.; TIBOLA, C.S.; ZAICOVSKI, C.B.; SILVA, J. A.; FACHINELLO, J. C.; ZAMBIAZI, R.C. Potencial de conservação e qualidade de frutas: Aspectos biotecnológicos de pré e pós-colheita. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006.p.105-132.

RUFINO, M.S.M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. Mossoró, 2008, 237p. Tese (Doutor em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA).

SILVA, L.R. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajeiras (*spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE**. Areia, 2008, 135p. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

SOKMEN, A. et al. The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. **Food Chemistry**, n. 15, p. 627-634, 2004.

ZULUETA, A. et al. Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. **Food Chemistry**, v. 103, n. 4, p. 1365-1374, 2007.

CAPÍTULO V

COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE O DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA-PB

COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE O DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRAS DO BAG EMEPA-PB

RESUMO

A cajazeira, pertencente à família Anacardiaceae, é uma das espécies espontâneas regionais com potencial socioeconômico dos mais promissores no cenário agroindustrial do Nordeste brasileiro, principalmente pela qualidade sensorial, nutricional e diversidade de formas de consumo dos frutos. O objetivo deste experimento foi avaliar a presença de compostos bioativos, polifenóis e a capacidade antioxidante durante o desenvolvimento e maturação de frutos de cajazeiras provenientes de genótipos progênes e clones. Foram selecionadas ao acaso doze plantas, cinco plantas oriundas de sementes (progênes) e sete plantas oriundas de estaquia (clones). As plantas foram selecionadas e marcadas com fitas de cores diversas, em várias inflorescências contendo pelo menos 70% de flores abertas. As coletas foram realizadas no início da maturação de acordo com a maturação dos frutos de cada genótipo até a maturação completa do fruto na planta. Foram avaliados quanto ao teor de clorofila, carotenóides, flavonóides amarelos, polifenóis extraíveis e atividade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoléico. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Observou-se que com o avanço da maturação houve uma redução da clorofila e um aumento do teor de carotenóides, para todos os genótipos avaliados. Os frutos provenientes de genótipos clones apresentaram os maiores teores de polifenóis. Verificou-se que existe uma correlação positiva entre os teores de polifenóis e o percentual de inibição da oxidação nos frutos avaliados. Para a inibição da oxidação, os resultados encontrados neste estudo demonstraram que o cajá possui elevada atividade antioxidante.

Palavras-chave: Desenvolvimento, maturação, pigmentos, polifenóis extraíveis e atividade antioxidante.

**BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY DURING
DEVELOPMENT AND MATURATION OF FRUITS OF GENOTYPES OF YELLOW
MOMBIN TREES OF BAG EMEPA-PB**

ABSTRACT

The yellow mombin tree belongs to the family anarcadiaceae and is one of the species regional spontaneous with promising potential socioeconomic in the agroindustrial scenario in the Northeast of Brazil mainly by the sensory quality, nutritional and diversity of forms of consumption of fruits. The objective of this experiment was to evaluate the presence of bioactive compounds, polyphenols and antioxidant capacity during the development of yellow mombin fruits belongs to cloned genotypes and progeny. Twelve plants were selected, five plants grown from seeds (progeny) and 7 plants grown from stalks (clones). The plants were selected and marked with ribbons of various colors and in various inflorescences containing at least 70% of open flowers. Samples were collected at the beginning of maturation according to the maturity of each genotype to the full maturity of the fruit on the plant. The fruits were evaluated on the content of chlorophyll, carotenoids, flavonoids yellow extractable polyphenols and antioxidant activity by the method β -carotene/acid linoleic. The experimental design was the completely randomized. It was observed that with the advancing maturation there was a reduction of chlorophyll and the levels of carotenoid content increased for all genotypes evaluated. The fruits from cloned genotypes showed the highest levels of polyphenols. It was found that there is a positive correlation between phenol content and the percentage of inhibition of oxidation in the fruits studied. For the inhibition of oxidation, the results of this study demonstrate that yellow mombin fruit has high antioxidant activity.

Keywords: Development, maturation, pigments, extractable polyphenols and antioxidant activity.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Spondias* compreende várias espécies frutíferas, cujos representantes mais significativos têm como centro de diversidade o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil (LEDERMAN et al., 2008). Nesse contexto, destaca-se a frutífera cajazeira, pertencente à família Anacardiaceae, sendo uma das espécies espontâneas regionais com potencial socioeconômico dos mais promissores no cenário agroindustrial do Nordeste brasileiro, principalmente pela qualidade sensorial e diversidade de formas de consumo dos frutos, muito embora, em razão do seu caráter essencialmente extrativista, ainda permanece na condição de cultivos não domesticados, para os quais inexistem sistemas de produção definidos (CAVALCANTE et al., 2009).

O crescimento inicia-se com a divisão e expansão celular, que determinam o tamanho final do fruto. O ciclo vital do fruto compreende as fases de crescimento, maturação, amadurecimento e senescência, sendo que na maturação o fruto atinge o seu tamanho máximo (WATADA et al., 1984). Em geral, ao final da fase de maturação ocorre o início do amadurecimento do fruto, que se caracterizam mudanças na cor, sabor, textura e aroma, seguindo-se da conseqüente senescência (SASS, 1993).

A avaliação das mudanças na composição dos frutos durante a maturação gera informações mais específicas da qualidade de colheita, visando o máximo aproveitamento dos compostos presentes pelo organismo. O grau de maturação é um dos principais fatores determinantes da composição química e do valor nutricional, com papel primordial no desenvolvimento do “flavor”, principalmente nos frutos climatéricos. Portanto, as transformações bioquímicas, durante o desenvolvimento do fruto na planta são os principais eventos responsáveis pelas modificações nos atributos sensoriais e nutricionais estabelecendo a sua qualidade desses (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As frutas e hortaliças em geral contêm numerosos fitoquímicos além dos compostos fenólicos como, por exemplo, clorofila, carotenóides, ácido ascórbico e tocoferóis. Muitos destes fitoquímicos apresentam significativa capacidade antioxidante e são associados à baixa incidência e baixa mortalidade de câncer em seres humanos (BIRCH et al., 2001; SLUIS et al., 2001; TOMÁS-BARBERÁN et al., 2001; VINSON et al., 2001; WANG e ZHENG, 2001; WATANABE, 1998; YILDRIM, MAVI e KARA, 2002; ZHENG e WANG, 2001).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. A incidência de uma série de doenças entre as quais

câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, AIDS, doenças do coração, podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio extremamente reativas denominadas de “substâncias reativas oxigenadas” ou simplesmente ROS. Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo (BRENNNA e PAGLIARINI, 2001; YILDRIM, MAVI e KARA, 2002).

Os mecanismos endógenos de defesa (ou mediadores de redox tais como: superóxido dismutase, catalase, peroxidase e metaloproteínas) podem ser auxiliadas favoravelmente com a introdução de antioxidantes por meio da dieta. (BRENNNA e PAGLIARINI, 2001; YILDRIM, MAVI e KARA, 2002).

O conteúdo destes compostos bioativos e a capacidade antioxidante pode variar durante o desenvolvimento do fruto na planta.

Desta forma, o objetivo deste experimento foi avaliar as mudanças nos conteúdos de compostos bioativos, polifenóis extraíveis e a capacidade antioxidante durante o desenvolvimento e maturação de frutos de cajazeiras provenientes de genótipos progênes e clones.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação e Condução dos Experimentos

O experimento foi realizado na Estação experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC) da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA-PB, localizada em Jacarapé, município de João Pessoa, Estado da Paraíba.

O ensaio foi realizado em três ciclos culturais consecutivos, nos períodos de dezembro a julho de 2007, 2008 e 2009 no BAG EMEPA-PB. O monitoramento da fenologia foi realizado em doze genótipos (Tabela 30) desses, cinco eram provenientes do BAG-01, oriundos de sementes (progênies) e sete do BAG-02 oriundos de estaquia (clones). As plantas foram selecionadas e marcadas com pedaços de fitas de cores diversas, em várias inflorescências contendo pelo menos 70% de flores abertas. Acompanhou-se o desenvolvimento das inflorescências até a formação do fruto e sua maturação completa na planta. As coletas foram realizadas de acordo com a evolução da maturação dos frutos em cada planta até o completo amadurecimento. As amostras coletadas a cada intervalo do desenvolvimento eram compostas por 24 frutos de cada genótipo. Os frutos foram colhidos manualmente entre 6:00 e 9:00 horas da manhã, evitando danos mecânicos.

Tabela 30. Genótipos de Cajazeiras do BAG EMEPA-PB, provenientes de sementes (progênies) e estaquia (clones).

Genótipos		Número de Acesso	Origem
Progênies (BAG 01)	G1	8 ²	João Pessoa
	G2	11 ²	João Pessoa
	G3	13 ²	João Pessoa
	G4	29 ²	Cruz do Espírito Santo
	G5	36	João Pessoa
Estaquia (BAG 02)	G6	06	Ingá
	G7	11	João Pessoa
	G8	16	Areia
	G9	17	Areia
	G10	18	Areia
	G11	20	Santa Rita
	G12	35	Areia

2.2. Delineamento Experimental

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos por diferentes períodos de avaliação para cada genótipo de cajazeira avaliado, com três repetições de oito frutos por parcela.

2.3 Avaliações

2.3.1 Determinação de Compostos Bioativos

Clorofila da polpa (mg.100⁻¹g): Foi utilizado cerca de 1g de matéria fresca, triturada em almofariz com areia lavada na presença de 5 mL de acetona 80% e 5 mg de CaCO₃, deixando extrair por 24 horas no escuro a 4°C, de acordo com modificações do método de Arnon (1985) e calculado de acordo com fórmula descrita por Engel e Poggiani (1991).

Carotenóides Totais da polpa(μg.100 g⁻¹ da amostra) - Determinado de acordo com Higby (1962);

Flavonóides amarelos da polpa (mg.100⁻¹g): quantificados de acordo com método espectrofotométrico conforme Lees e Francis (1972). Após a extração dos flavonóides com o

solvente extrator (etanol 95% e HCl 1,5N, na proporção 85:15 v/v), a absorbância a 374nm foi medida. O teor de flavonóides amarelos foi expresso em $\text{mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$.

2.3.2 Polifenóis Extraíveis Totais-PET

A determinação foi feita conforme descrito pelo método de LARRAURI et al. (1997). Tomou-se em um Becker 1,0 g da amostra, adicionando 40mL de metanol 50% e deixou-se extraíndo por 1h. Em seguida, foram centrifugados a 15.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 100mL, o resíduo foi transferido para um Becker adicionando 40mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 h. Em seguida foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado juntamente ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume com água destilada. O resíduo foi reservado para determinação de taninos condensados. Em tubos de ensaio; colocou-se uma alíquota do extrato de 0,1 mL, acrescida de 0,9 mL de água destilada. Agitou-se e depois de 30 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda a 700nm e o resultado expresso em $\text{mg}/100\text{g}$ de ácido gálico.

2.3.3 Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do b-caroteno/ácido linoléico

A atividade antioxidante foi determinada pelo método descrito originalmente por Marco (1968) e posteriormente modificado por Miller (1971). Para o preparo da solução sistema, adicionaram-se 40ul de ácido linoléico, 14 gotas de Tween 40, 50ul de solução de b-caroteno (20mg/mL de clorofórmio) e 1mL de clorofórmio em Erlenmeyer. Posteriormente, a mistura foi submetida a completa evaporação do clorofórmio. A esta mistura isenta de clorofórmio, adicionou-se água previamente saturada com oxigênio durante 30 min e agitou-se vigorosamente. A solução sistema, assim preparada, apresentou-se límpida com absorbância entre 0,6 e 0,7 em 470nm.

Em tubos de ensaio, diferentes volumes de extratos fenólicos obtidos dos frutos de cajazeira para as concentrações e 1g/L, 3g/L e 5g/L foram adicionados a 5 mL de solução de β -caroteno com ácido linoléico. O mesmo foi realizado para o antioxidante padrão Trolox na concentração de 200mg/L.

As leituras das absorvâncias foram realizadas imediatamente e com intervalos de 15min, durante 120min, em espectrofotômetro, mantendo sempre os tubos em banho-maria a 50°C. As análises foram realizadas em três repetições. A atividade antioxidante em percentual de inibição da oxidação, como expresso a seguir:

- % Inibição da oxidação (%IO): o percentual de proteção do extrato fenólico de cajá no sistema de co-oxidação de substratos foi calculada em relação ao decaimento da absorvância do controle usando as seguintes equações:

Fórmulas: $A_c = A_{\text{sinicial}} - A_{\text{sfinal}}$

$A_{am} = A_{\text{sinicial}} - A_{\text{sfinal}}$

Onde: c = controle

Am=amostra

$\%I.O. = A_c - A_m / A_c \times 100$

2.4 Análise Estatística

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados através da análise de variância e da regressão polinomial. Os modelos de regressão foram selecionados com base na significância do teste F e, também, pelo coeficiente de determinação, com valor mínimo de 0,70 para ajuste da equação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1.1 Quantificação dos compostos bioativos, polifenóis extraíveis totais e inibição da oxidação

Neste trabalho o teor de compostos bioativos foi expresso pelos teores de clorofila, carotenóides e flavonóides amarelos contido na polpa de frutos de cajazeiras durante o desenvolvimento na planta.

De acordo com a Figura 21 pode-se observar que com o avanço da maturação houve uma redução da clorofila e um aumento do teor de carotenóides, para todos os genótipos avaliados.

Para os teores de clorofila, observou-se que no final da maturação o genótipo que apresentou o maior teor com valor de $0,95 \text{ mg.100g}^{-1}$ foi o genótipo progênie G3 e o menor valor foi observado no genótipo progênie G1 com valor de $0,26 \text{ mg.100g}^{-1}$. No geral os frutos dos genótipos avaliados tiveram um declínio com o avanço maturação com uma variação de $4,91$ a $0,26 \text{ mg.100g}^{-1}$ durante o desenvolvimento.

Moraes (1988), trabalhando com manga cv. Ubá verificou que o teor de clorofila decresceu durante o desenvolvimento do fruto, decréscimo este mais acentuado a partir da vigésima semana após a floração, quando o fruto está com coloração verde-amarelo para amarelo, e em seguida laranja, na vigésima quarta semana após a floração, época que ocorrem os menores níveis de clorofila.

Lopes et al. (2007) obteve em seis acessos de umbu verde amarelados valores extremos de $0,71$ a $1,68 \text{ mg.100g}^{-1}$, para a clorofila e $3,98$ a $10,2 \text{ } \mu\text{g.100g}^{-1}$ para os carotenóides totais.

Os maiores valores de carotenóides totais foram encontrados nos genótipos progênies G4 e G5 e nos genótipos clones G6 e G11 com valores de $35,86$; $47,70$; $43,50$ e $45,47 \text{ } \mu\text{g.100g}^{-1}$ respectivamente, esses valores foram encontrados no final da maturação quando os frutos apresentavam-se com coloração totalmente laranja. Os menores valores foram encontrados no genótipo progênie G3 com valor de $16,35 \text{ } \mu\text{g.100g}^{-1}$ e nos genótipos clones G7, G8, G9, G10 com valores de $13,26$; $11,17$; $12,33$ e $11,00 \text{ } \mu\text{g.100g}^{-1}$ no final da maturação.

Lima et al. (2005) determinaram o conteúdo de carotenóides totais em acerola em três estágios de maturação em duas estações diferentes. Os teores de carotenóides totais foram quantificados em termos de equivalente de β -caroteno, e variaram entre $9,4$ e $30,9 \text{ } \mu\text{g/g}$ (estação seca) e de $14,1$ a $40,6 \text{ } \mu\text{g/g}$ (estação de chuvas), no estágio maduro.

Lopes (2007) em estudo com umbu-laranjas o conteúdo de clorofila total declinou enquanto que o de carotenóides totais aumentou à medida que a maturação do umbu-laranja avançava.

Ferreira (2000) obteve dados de clorofila e carotenóides para o cajá, em quatro estádios de maturação; com resultados de: 9,71, 5,60, 2,89, 2,36 mg.100g⁻¹, para a clorofila total e 5,4, 7,1, 7,8, 9,1µg.100g⁻¹, para carotenóides totais.

Carotenóides e clorofila são conhecidos por atuar como antioxidantes em testes in vitro (NAGUIB, 2000; CAHYANA et al., 1993). No tocante a esse aspecto, Sinnecker et al. (2004) avaliando a atividade antioxidante de clorofilas em função do efeito da estrutura química de cinco derivados de clorofila, empregando o sistema B-caroteno/ácido linoléico, verificou que a clorofila apresentou 50% de inibição da oxidação.

A estrutura altamente insaturada dos carotenóides torna-os bastante susceptíveis à isomerização e oxidação (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997). Essa estrutura possibilita sua atuação como antioxidantes por meio da ação seqüestrante de espécies reativas do oxigênio, especialmente radicais peroxil e oxigênio “singlet” (¹O₂) (TAPIERO et al., 2004). Os carotenóides captam energia do oxigênio “singlet”, que volta ao estado fundamental (O₂). O carotenóide excitado resultante não é capaz de causar danos ao meio celular.

Pode-se observar na Figura 21 que os maiores valores de flavonóides amarelos quando os frutos apresentavam-se ótimos para consumo foram observados no genótipo progênie G5 e nos genótipos clones G6 e G8 com valores de 3,07; 3,64 e 2,90 mg.100⁻¹ respectivamente. Houve uma variação de 4,93 a 1,26 mg.100⁻¹ durante o desenvolvimento de todos os genótipos avaliados.

Os flavonóides atuam como antioxidantes primários, interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou de hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis. Dentre estes compostos, os flavonóis em especial, atuam também como antioxidante secundário, retardando a etapa de iniciação da autooxidação através da complexação com metais (SHI; NIKI, 1998; MELO; GUERRA, 2002; PIETTA, 2000).

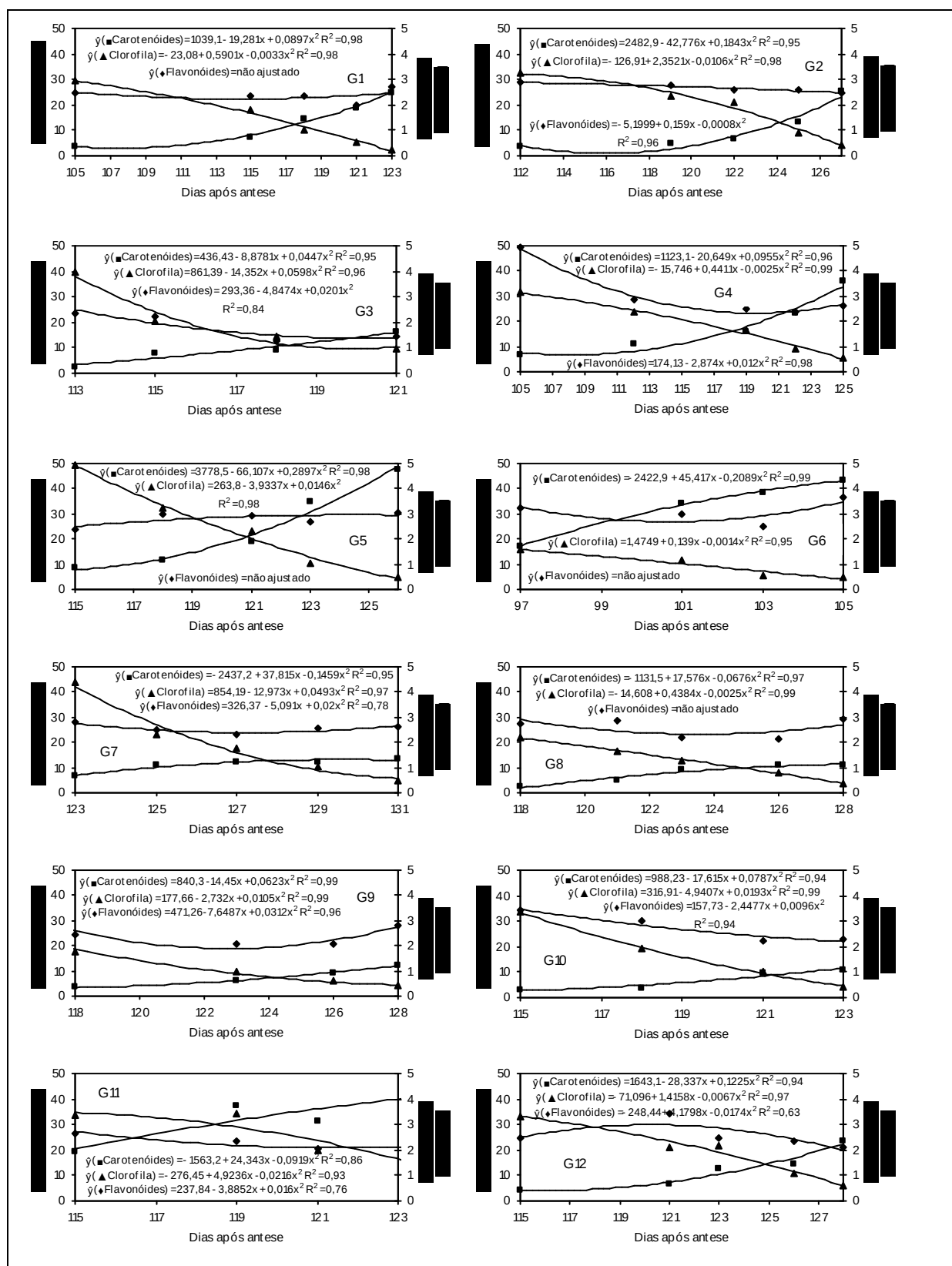


Figura 21. Clorofila (mg.100⁻¹), Carotenóides (μg.100g⁻¹) e Flavonóides Amarelos (mg.100⁻¹) durante o desenvolvimento de frutos de genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese.

Na Figura 22, observam-se os teores de polifenóis extraíveis totais e o percentual de inibição da oxidação para os extratos dos frutos dos genótipos avaliados.

No geral pode-se observar que os teores de polifenóis extraíveis totais reduziram com o avanço da maturação. Foram encontrados valores máximos de 182,62; 200,86 e 180,32 mg.100g⁻¹ nos genótipos clones G10, G11 e G12 respectivamente.

Observou-se na maioria dos genótipos avaliados um decréscimo do teor de polifenóis, porém pode-se observar que o percentual de inibição da oxidação apresentou-se elevado, possivelmente devido à interação dos compostos polifenólicos com os açúcares disponíveis no meio.

De acordo com Moreira e Mancini-Filho (2004) os compostos fenólicos são antioxidantes primários que agem como seqüestradores de radicais livres e bloqueadores de reações em cadeia. Por outro lado, Hassimotto et al. (2005), trabalhando com diferentes frutas e polpas de frutas, com o método β -caroteno/ácido linoléico para avaliar a atividade antioxidante, observaram não haver correlação significativa entre a atividade antioxidante e a concentração de fenólicos.

Os percentuais máximos de inibição da oxidação foram observados nos genótipos G2, G10 e G11 com médias de 98,07; 98,25 e 96,01% quando os frutos apresentavam-se completamente laranja. No geral, para os genótipos avaliados, o percentual de inibição da oxidação observou um mínimo de 72,02 % para o genótipo G1 aos 121 dias após a antese e máximo de 98,25% para o genótipo G10 aos 123 dias após a antese.

Em função do percentual de inibição exibido, os cajás podem ser classificados como frutos com elevada ação antioxidante (> 70%).

Dantas Júnior (2008) em avaliação do percentual de inibição da oxidação em frutos de umbu observou valores que variaram de 59,01 a 94,52%.

Silva (2008) em estudos com umbu-cajá encontrou valores de 60,93% de inibição da oxidação, indicando que o fruto possui elevada atividade antioxidante.

Variação na atividade antioxidante entre as concentrações também foram encontradas por Hassimotto et al. (2005), em seu estudo com atividade antioxidante de frutas, legumes e polpas de frutas congeladas comercializadas na Ceagesp-SP pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico determinaram o percentual de inibição da oxidação em concentrações diferentes, encontrando os seguintes valores para as polpas nas concentrações de 10 μ mol e 50 μ mol respectivamente: acerola (-4,9 e 8,1 %), caju (25,3 e 44,5 %), amora (12,2 e 30,2 %), graviola (24,7 e 50,3 %), goiaba vermelha (30,4 e 38,3 %) e murici (14,4 e 42,6 %).

No sistema β -caroteno/ácido linoléico é avaliada a capacidade do composto antioxidante em inibir o descoramento do β -caroteno causado pelos radicais livres formados durante a peroxidação do ácido linoléico (YANISHILIEVA, MARINOVA, 1995).

Segundo Koleva et al. (2002), a oxidação lipídica é um complexo processo em cadeia, no qual estão envolvidos vários tipos de radicais livres de diferentes reatividades, e a ação antioxidante de um composto bioativo depende do substrato lipídico, da sua solubilidade e do seu mecanismo de ação. Assim, em ensaios que contém lipídios como substrato oxidável, a exemplo da oxidação acoplada β -caroteno/ácido linoléico, o papel protetor do antioxidante depende de sua solubilidade que determina sua distribuição na fase do sistema, incluindo localização e orientação. Além disso, a complexa composição dos extratos de vegetais pode provocar interações sinérgicas ou antagônicas entre os compostos presentes, podendo, também, afetar sua partição nas fases do meio e, conseqüentemente, sua ação antioxidante.

Segundo Duarte-Almeida et al. (2006), o Sistema B-caroteno/Ácido Linoleico avalia a capacidade que o antioxidante possui em proteger o ácido Linoleico e o B-caroteno da oxidação, identificando substâncias pró-oxidantes.

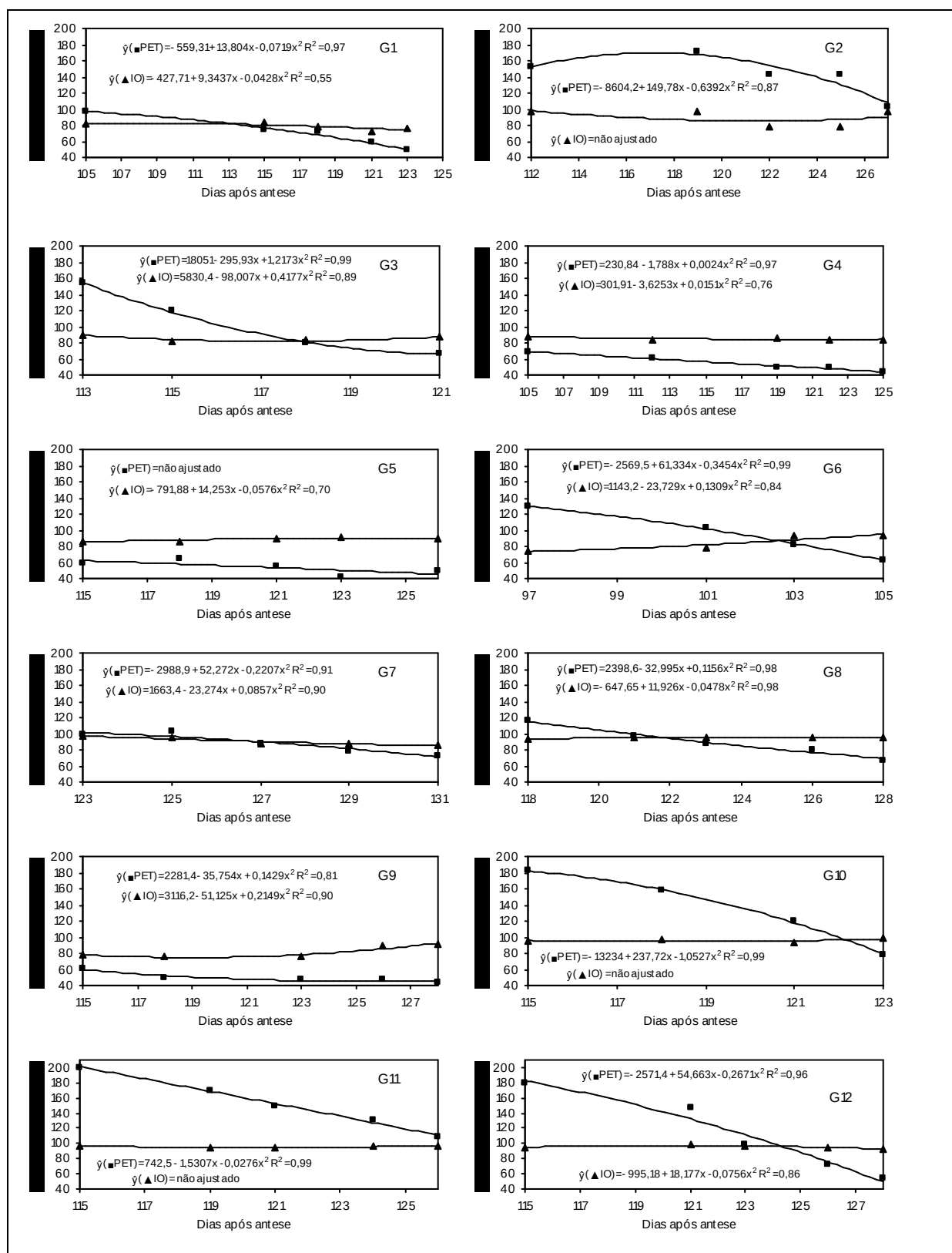


Figura 22. Polifenóis Extraíveis (mg.100⁻¹) e Inibição da Oxidação (%) durante o desenvolvimento de frutos de genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB, avaliadas 105 dias após antese.

3.1.2 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais foi utilizada para resumir as características avaliadas permitindo identificar dois componentes principais, que representam 61% da variância total das características originais (Tabela 31).

O primeiro componente foi responsável por aproximadamente 37,74% e o segundo por 23,83% dessa variação (Tabela 31). Os valores dos coeficientes de ponderação (autovetores), para cada característica, apresentados na Tabela 31, permitiram a constatação de que o primeiro componente principal (CP1) está relacionado positivamente com as variáveis, clorofila (CLO) e Polifenóis extraíveis totais (POLIF), enquanto o segundo componente (CP2) encontra-se relacionado com os parâmetros de carotenóides (CAR) e Inibição da Oxidação (IO).

Tabela 31. Autovetores em dois componentes principais (CP1 e CP2), das características avaliadas de frutos de genótipos de cajazeiras durante a maturação, 2010.

Característica	CP1	CP2
Clorofila	0,6181	-0,2177
Carotenóides	- 0,4057	0,5536
Flavonóides Amarelos	0,2414	-0,1740
Polifenóis Extraíveis	0,5507	0,3395
Inibição da Oxidação	0,3028	0,7074
λ	1,88	37,74
VA (%)	1,19	61,57

λ = Autovalor da matriz de correlação.

VA = Variância acumulada.

Na Figura 23, encontra-se a dispersão gráfica dos escores, num sistema de coordenadas, no qual os eixos são representados pelos dois primeiros componentes principais e as coordenadas de cada variável são estabelecidas por escores desses dois componentes.

Quanto genótipos, verifica-se que a numeração na Figura 23 B, o números 39 (Genótipo 2 aos 119 dias de maturação) e 43 (Genótipo 11 aos 115 dias) por exemplo, evidenciaram valores elevados de polifenóis extraíveis.

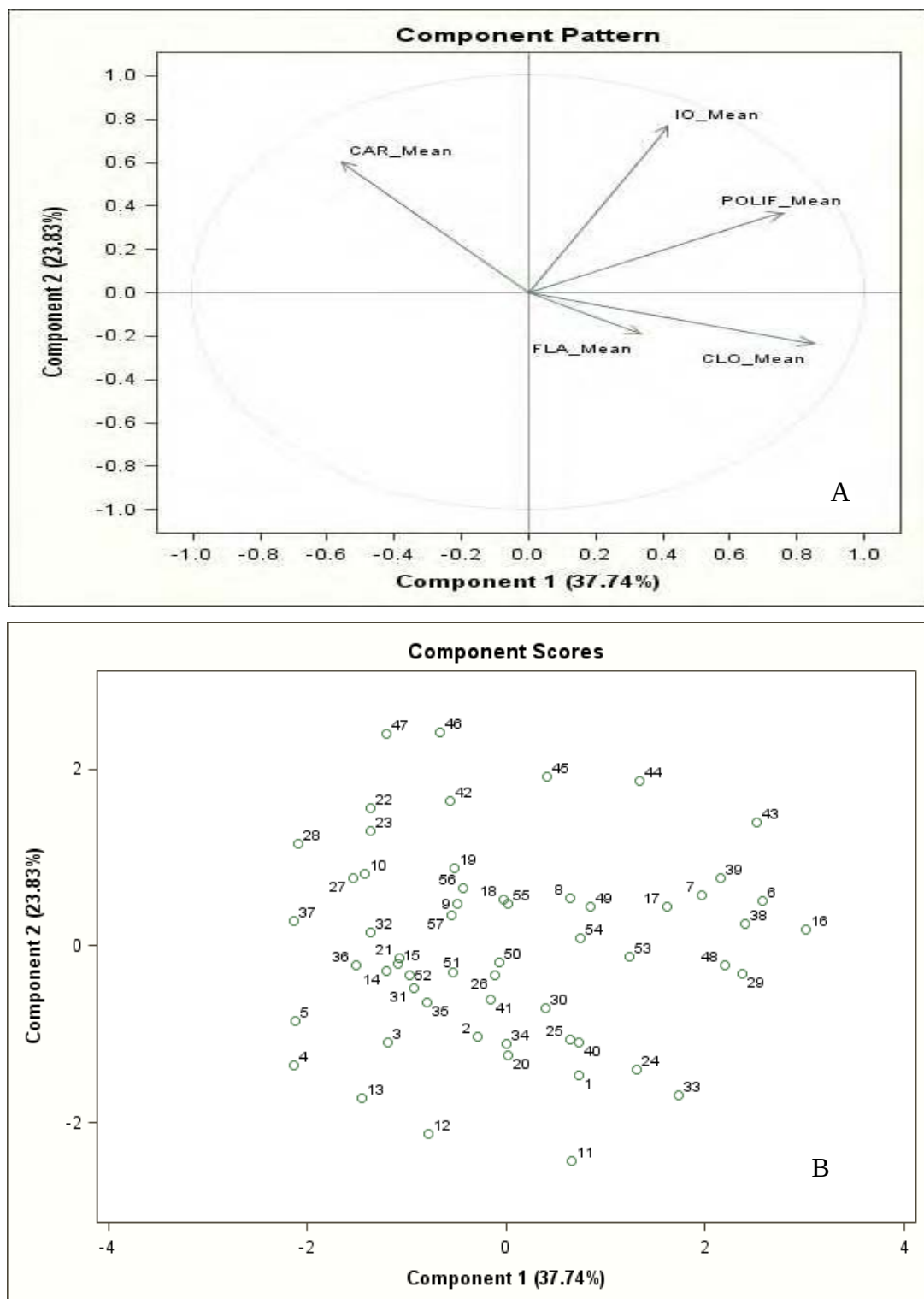


Figura 23. (A) Projeções das variáveis no plano formado pelos componentes principais 1 x 2. Legenda: CAR= Carotenóides; IO= Inibição da Oxidação; POLIF= Polifenóis; CLO= Clorofila; FLA= Flavonóides Amarelos. (B) – Projeções dos doze genótipos em dias de maturação no plano formado pelos componentes principais 1 x 2.

4. CONCLUSÕES

Os teores de polifenóis extraíveis e clorofilas diminuíram e os carotenoides aumentaram durante a maturação, para os genótipos estudados.

Os frutos provenientes de genótipos clones apresentaram maiores teores de polifenóis e percentual de inibição da oxidação durante a maturação.

Os frutos dos genótipos avaliados possuem compostos bioativos que apresentam uma potente ação antioxidante.

Os cajás podem ser classificados como frutos com elevada ação antioxidante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. Washington, v.24, n.1, p.1-15, 1985.

BIRCH, A.E. et al. Antioxidant properties of evening primrose seed extracts. **J. Agric. Food Chemistry**, Chicago: v.49, p. 4502-4507, 2001.

BRENNA, O.V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4841-4844, 2001.

CAHYANA, A. H.; SHUTO, Y.; KINOSHITA, Y. Antioxidative activity of porphyrin derivatives. **Biosci. Biotech. Biochem.**, v.57, n.4, p.680-681, 1993.

CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L.O.; PEREIRA, W.E.; COSTA, A.P.M.; CAVALCANTE, I.H.L. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo Paraibano. **Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá**, v. 31, n. 4, p. 627-632, 2009.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2^o. ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

DANTAS JÚNIOR, O.R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido Nordeste**. 2008. 106p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal da Paraíba, 2008.

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

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

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

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE; M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen pulps. **J. Agric. Food Chem**; v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962.

KOLEVA, I. I.; VAN BEEK, T. A.; LINSSEN, J. P. H.; GROOT A.; EVSTATIEVA, L. N. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. *Phytochem. Anal.*, v. 13, p. 8-17, 2002.

LARRAURI, J. A.; PUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 45, p.1390-1393, 1997.

LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

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

LIMA, V.L.A.G. et al. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at ripening stages. **Food Chemistry**, v.90, p.565-568, 2005.

LOPES, M.F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* arruda câmara)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 2007.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **J. Am. Oil Society**, v. 45, p. 594-598, 1968.

MELO, E.A.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**. Campinas: v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.

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

MORAES, D.M. Desenvolvimento e maturação pós-colheita de frutos de manga (*Mangífera indica* L.) cv. “Ubá”. Viçosa, 1988. 36p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.4, p.411-424, 2004.

NAGUIB, Y. M. A. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, p.1150- 1154, 2000.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods. U.S. Agency for International Development, Washington, DC, p.93, 1997.

TOMÁS-BARBERÁN, F.A. et al. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4748-4760, 2001.

SASS, P. **Fruit Storage**. Mezogazda, Budapest, 1993. 348p.

SILVA, L. R. S. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE**. 2008. 135p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal da Paraíba, 2008.

SLUIS, A.A. et al. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 3606-3613, 2001.

SHI, H.; NIKI, E. Stoichiometric and kinetic studies on ginkgo biloba extract and related antioxidants. **Lipids** 33: 365-370, 1998.

VINSON, J.A. et al. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 5315-5321, 2001.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 5165-5170, 2001.

WANG, S.Y.; ZHENG, W. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4977-4982, 2001.

WATANABE, M. J. Catechins as antioxidants from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moech). **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: vol. 46, no. 3, p. 839-845, 1998.

YANISHLIEVA, N. V. I.; MARINOVA, E. M. Effects of antioxidants on the stability of triacylglycerols and methyl esters of fatty acids of sunflower oil. **Food Chem.**, Barking, v. 54, n. 4, p. 377-82, 1995.

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 4083-4089, 2002.

CONCLUSÕES GERAIS

- Os frutos dos genótipos analisados apresentaram diferentes ciclos de desenvolvimento pleno, principalmente durante a fase de maturação;
- Frutos de alguns genótipos avaliados apresentavam-se fora dos padrões exigidos na legislação para polpa de cajá para o parâmetro sólidos solúveis no final da maturação;
- Frutos de genótipos clones apresentaram maiores médias para a concentração de polifenóis extraíveis em relação aos genótipos progênes;
- Frutos provenientes de genótipos clones apresentaram maior percentual de inibição da oxidação;
- Independentemente do genótipo avaliado, o cajá é um fruto relativamente rico em substâncias biologicamente ativas como clorofila, carotenóides e flavonóides, além de outros compostos fenólicos, podendo contribuir para uma dieta saudável;
- O cajá pode ser considerado um fruto com excelente potencial antioxidante natural com atividade de proteção ou de inibição da oxidação de 95%, quando comparado ao antioxidante sintético Trolox.

ANEXOS

ANEXO 1. Análises de Variâncias (ANOVA) para os parâmetros físico-químicos para os frutos dos genótipos de cajazeiras em sete estádios de maturação.

A. Variável analisada: Flavonóides Amarelos-CASCA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	16050.174603	1459.106782	394.946	0.0000
EST	6	1259.428571	209.904762	56.816	0.0000
GENNUM*EST	66	4351.047619	65.924964	17.844	0.0000
erro	168	620.666667	3.694444		
Total corrigido	251	22281.317460			
CV (%) =	6.18				
Média geral:	31.1031746	Número de observações:	252		

B. Variável analisada: Caotenóides-CASCA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	4927.281746	447.934704	163.121	0.0000
EST	6	37892.277778	6315.379630	2299.820	0.0000
GENNUM*EST	66	1363.912698	20.665344	7.526	0.0000
erro	168	461.333333	2.746032		
Total corrigido	251	44644.805556			
CV (%) =	6.26				
Média geral:	26.4722222	Número de observações:	252		

C. Variável analisada: Clorofila-CASCA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	138.615079	12.601371	96.229	0.0000
EST	6	2239.373016	373.228836	2850.111	0.0000
GENNUM*EST	66	112.246032	1.700697	12.987	0.0000
erro	168	22.000000	0.130952		
Total corrigido	251	2512.234127			
CV (%) =	8.39				
Média geral:	4.3134921	Número de observações:	252		

D. Variável analisada: AMIDO

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	123.888889	11.262626	218.322	0.0000
EST	6	268.206349	44.701058	866.513	0.0000
GENNUM*EST	66	25.222222	0.382155	7.408	0.0000
erro	168	8.666667	0.051587		
Total corrigido	251	425.984127			
CV (%) =	8.86				
Média geral:	2.5634921	Número de observações:	252		

E. Variável analisada: Relação SS/AT

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	709.603175	64.509380	219.681	0.0000
EST	6	1138.317460	189.719577	646.072	0.0000
GENNUM*EST	66	474.063492	7.182780	24.460	0.0000
erro	168	49.333333	0.293651		
Total corrigido	251	2371.317460			
CV (%) =	7.63				
Média geral:	7.1031746	Número de observações:	252		

F. Variável analisada: Acidez titulável

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	6.317460	0.574315	72.364	0.0000
EST	6	10.658730	1.776455	223.833	0.0000
GENNUM*EST	66	17.626984	0.267076	33.652	0.0000
erro	168	1.333333	0.007937		
Total corrigido	251	35.936508			
CV (%) =	7.90				
Média geral:	1.1269841	Número de observações:	252		

G. Variável analisada: pH

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENNUM	11	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000	1.0E+0009	0.0000
EST	6	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000	1.0E+0009	0.0000
GENNUM*EST	66	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000	1.0E+0009	0.0000
erro	168	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000		
Total corrigido	251	0.000000			
CV (%) =	0.00				
Média geral:	2.0000000	Número de observações:	252		

ANEXO 2. Análises de Variâncias (ANOVA) para os Compostos bioativos, polifenóis e atividade antioxidante de frutos dos genótipos de cajazeiras em sete estádios de maturação.

A. Variável analisada: CLOROFILA-POLPA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	29.174603	2.652237	47.740	0.0000
EST	6	127.666667	21.277778	383.000	0.0000
GENN*EST	66	64.047619	0.970418	17.468	0.0000
erro	168	9.333333	0.055556		
Total corrigido	251	230.22222			
CV (%) =	42.43				
Média geral:	0.5555556	Número de observações:	252		

B.Variável analisada: CAROTENÓIDES-POLPA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	19294.619048	1754.056277	1241.635	0.0000
EST	6	14808.603175	2468.100529	1747.082	0.0000
GENN*EST	66	5874.158730	89.002405	63.002	0.0000
erro	168	237.333333	1.412698		
Total corrigido	251	40214.714286			
CV (%) =	7.79				
Média geral:	15.2619048	Número de observações:	252		

C. Variável analisada: FLAVONÓIDES AMARELOS POLPA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	476.202381	43.291126	351.915	0.0000
EST	6	64.523810	10.753968	87.419	0.0000
GENN*EST	66	40.714286	0.616883	5.015	0.0000
erro	168	20.666667	0.123016		
Total corrigido	251	602.107143			
CV (%) =	13.45				
Média geral:	2.6071429	Número de observações:	252		

D. Variável analisada: POLIFENÓIS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	201911.174603	18355.561328	259.792	0.0000
EST	6	87316.190476	14552.698413	205.969	0.0000
GENN*EST	66	89071.047619	1349.561328	19.101	0.0000
erro	168	11870.000000	70.654762		
Total corrigido	251	390168.412698			
CV (%) =	11.69				
Média geral:	71.9206349	Número de observações:	252		

E. Variável analisada: INIBIÇÃO DA OXIDAÇÃO

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	6105.472222	555.042929	1165.590	0.0000
EST	6	600.269841	100.044974	210.094	0.0000
GENN*EST	66	5300.111111	80.304714	168.640	0.0000
erro	168	80.000000	0.476190		
Total corrigido	251	12085.853175			
CV (%) =	0.80				
Média geral:	86.4325397	Número de observações:	252		

ANEXO 3. Análises de Variâncias (ANOVA) para os Compostos bioativos, polifenóis e atividade antioxidante de frutos dos genótipos de cajazeiras durante o desenvolvimento

A. Variável analisada: CLOROFILA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	36.278363	3.298033	40.283	0.0000
_DIAS	18	123.540267	6.863348	83.831	0.0000
GENN*_DIAS	27	85.526399	3.167644	38.691	0.0000
erro	114	9.333333	0.081871		
Total corrigido	170	254.678363			
CV (%) =	22.76				
Média geral:	1.2573099	Número de observações:	171		

B. Variável analisada: CAROTENÓIDES

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	15009.737135	1364.521558	1318.267	0.0000
_DIAS	18	9938.507769	552.139321	533.423	0.0000
GENN*_DIAS	27	689.942231	25.553416	24.687	0.0000
erro	114	118.000000	1.035088		
Total corrigido	170	25756.187135			
CV (%) =	6.67				
Média geral:	15.2514620	Número de observações:	171		

C. Variável analisada: FLAVONÓIDES AMARELOS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	16.402924	1.491175	11.087	0.0000
_DIAS	18	18.360067	1.020004	7.584	0.0000
GENN*_DIAS	27	22.406600	0.829874	6.170	0.0000
erro	114	15.333333	0.134503		
Total corrigido	170	72.502924			
CV (%) =	17.52				
Média geral:	2.0935673	Número de observações:	171		

D.Variável analisada: POLIFENÓIS

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	188702.692982	17154.790271	3911.292	0.0000
_DIAS	18	88972.085046	4942.893614	1126.980	0.0000
GENN*_DIAS	27	18113.748287	670.879566	152.961	0.0000
erro	114	500.000000	4.385965		
Total corrigido	170	296288.526316			
CV (%) =	2.24				
Média geral:	93.3859649	Número de observações:	171		

E. Variável analisada: INIBIÇÃO DA OXIDAÇÃO

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GENN	11	5536.546784	503.322435	761.665	0.0000
_DIAS	18	2590.959482	143.942193	217.824	0.0000
GENN*_DIAS	27	1101.873851	40.810143	61.757	0.0000
erro	114	75.333333	0.660819		
Total corrigido	170	9304.713450			
CV (%) =	0.92				
Média geral:	88.4853801	Número de observações:	171		
