



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

MAYRA CRISTINA FREITAS BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO DE CAQUIS 'GIOMBO' E 'RAMA FORTE' PRODUZIDOS
NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

MOSSORÓ

2019

MAYRA CRISTINA FREITAS BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO DE CAQUIS ‘GIOMBO’ E ‘RAMA FORTE’ PRODUZIDOS
NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-colheita.

Orientador:

Profa. Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Co-orientador:

Prof. Dr. Pahlevi Augusto de Souza

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

238c Barbosa, Mayra Cristina Freitas.
 Caracterização de caquis 'Giombo' e 'Rama
Forte' produzidos no semiárido nordestino / Mayra
Cristina Freitas Barbosa. - 2019.
 51 f. : il.

 Orientadora: Patrícia Lígia Dantas de Moraes.
 Coorientador: Pahlevi Augusto de Souza.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2019.

 1. adstringência. 2. compostos bioativos. 3.
Diospyros kaki L.. 4. estádios de maturação. I.
Moraes, Patrícia Lígia Dantas de, orient. II.
Souza, Pahlevi Augusto de, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MAYRA CRISTINA FREITAS BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO DE CAQUIS 'GIOMBO' E 'RAMA FORTE'
PRODUZIDOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-colheita.

DEFENDIDA EM: 26 / 02 / 2019

BANCA EXAMINADORA

Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Profa. Dra. (UFERSA)

Presidente

Pahlevi Augusto de Souza, Prof. Dr. (IFRN)

Co-orientador

Mayara Salgado Silva, Profa. Dra. (IFCE)

Membro Examinador

José Darcio Abrantes Sarmiento, Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

*À minha mãe, Maria Salete de Freitas
Barbosa.
Ao meu esposo, Eder Helton Barbosa
de Lima Santos.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que iluminou meu caminho durante esta jornada.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos.

A CAPES, pelos recursos destinados ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

À minha Orientadora, Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes, pela oportunidade e por contribuir para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu co-orientador, Dr. Pahlevi Augusto de Souza, pela paciência, boa vontade e incentivo.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Mayara Salgado Silva e Dr. José Darcio Abrantes Sarmiento, pelas correções e contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

Ao IFCE Campus Limoeiro do Norte, pela concessão da liberação das atividades profissionais e por apoiar meu aprimoramento profissional.

Aos meus amigos do Laboratório de Pós-colheita, Luiza Celeste, Rydley Lima, Darliane Veras, Carla Sonale, Eleneide Gurgel, Marlenildo Melo, Fernando Alves, Darcio Abrantes, que, além de muita generosidade em repassar seus conhecimentos, compartilharam comigo momentos de descontração e amizade.

Aos amigos do Laboratório de Química de Alimentos e do IFCE Campus Limoeiro do Norte, Esiana Rodrigues, Márcia Raulino, Talita Silveira, Bruno Felipe e Dayane, pela ajuda na instalação do experimento e realização das análises.

Ao amigo Diógenes Abrantes, pela doação das amostras de caqui e pela generosidade em repassar conhecimentos.

A Naama Melo, pelos ensinamentos e paciência que permitiram a execução das atividades no Laboratório de Pós-Colheita.

À minha família, pelo suporte, amor e cuidado.

E a todos os que contribuíram, mesmo que indiretamente, para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BARBOSA, Mayra Cristina Freitas. **Caracterização de caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ produzidos no semiárido nordestino**. 2019. 51f (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2018.

RESUMO

A cultura do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) apresenta grande expressividade no Sul e Sudeste do Brasil e, embora muito pesquisada, há poucas informações com relação ao manejo pós-colheita dos frutos cultivados em outras regiões. Assim, este trabalho objetivou caracterizar caquis das variedades Giombo e Rama Forte colhidos em diferentes estádios de maturação, produzidos no Vale do Jaguaribe-CE. Os frutos foram colhidos em três estádios de maturação (verde, semimaduro e maduro, classificados de acordo com a coloração da casca) e avaliados quanto as seguintes características: diâmetro do fruto, massa fresca, cor da casca e da polpa, firmeza do fruto, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez, açúcares totais, açúcares redutores, índice de adstringência, teor de taninos solúveis, vitamina C, carotenoides, betacaroteno, polifenóis extraíveis totais, atividade antioxidante total (AAT) pelo método do DPPH e ABTS e atividade das enzimas pectina metil esterase (PME) e poligalacturonase (PG). Foram montados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado, um para cada variedade, sendo os tratamentos constituídos pelos diferentes estádios de maturação, com cinco repetições de três frutos cada. Os dados foram submetidos à análise de variância ou ao teste de Kruskal-Wallis, e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa R versão 3.5.1. A firmeza do fruto e o teor de sólidos solúveis não variaram entre os estádios de maturação para nenhuma das variedades. No entanto, o índice de cor da casca incrementou com o avanço da maturação tanto para ‘Giombo’ quanto para ‘Rama Forte’. O índice de adstringência, o conteúdo de polifenóis extraíveis totais, taninos solúveis e a AAT-DPPH foram menores nos frutos colhidos no estágio maduro, para ambas as variedades. Pode-se concluir que caquis das variedades Giombo e Rama Forte apresentam melhores características físico-químicas de qualidade quando colhidos maduros, com casca totalmente amarelada.

Palavras chave: Adstringência, compostos bioativos, *Diospyros kaki* L., estádios de maturação.

BARBOSA, Mayra Cristina Freitas. **Characterization of 'Giombo' and 'Rama Forte' persimmons produced in the Northeastern semi-arid region.** 2019. 51p (Masters in Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2018.

ABSTRACT

Persimmon (*Diospyros kaki* L.) crop is very expressive in the South and Southeast of Brazil. Although have been much studied, there is little knowledge about post-harvest management of fruits cultivated in other Brazilian regions. This work aimed to characterize persimmons fruits, Giombo and Rama Forte cultivars, harvested at different maturation stages, produced in the Vale do Jaguaribe, Ceará State. Fruits were harvested at three maturation stages (green, immature and ripe, classified according to the peel color) and the following characteristics were evaluated: fruit diameter, fresh weight, peel color, pulp color, firmness, pH, titratable acidity (TA), soluble solids content (SSC), TA/SSC, total sugars, reducing sugars, astringency index (AI), soluble tannins content (ST), vitamin C content, carotenoids, beta-carotene, total extractable polyphenols (TEP), total antioxidant activity (TAA-DPPH and TAA-ABTS⁺), pectin methylesterase (PME) and polygalacturonase (PG) activity. Two experiments were conducted to evaluate the two cultivars separately, in a completely randomized design with five replicates, three fruits each. Data were analyzed by one-way analysis of variance and Kruskal-Wallis test, and the means were grouped by Tukey test, at 5% probability, using R software version 3.5.1. Firmness and soluble solids content did not differ among maturation stages in both cultivars. However, peel color index was higher in all fruits at mature stage. AI, TEP, ST, and TAA-DPPH were lower in fruits harvested at the mature stage in both varieties. In conclusion, Giombo and Rama Forte persimmons cultivars present better physicochemical characteristics when the fruits were harvested at the mature stage, that is when peel color becomes yellowish.

Key words: Astringency, bioactive compounds, *Diospyros kaki* L., maturation stages.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Variáveis meteorológicas: A- Umidade relativa e velocidade do vento e B- Temperatura e precipitação nos meses de maio a dezembro de 2017. Fonte: INMET 2019. ..21
- Figura 2.** Estádios de maturação dos caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’. E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2- semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3- maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.....22
- Figura 3.** Atividade da pectina metil-esterase (PME) e da poligalacturonase (PG) em caquis (*Diospyros kaki* L.) Giombo e Rama Forte oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. Barras de erros indicam o erro padrão da média de 5 repetições. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2- semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.....38
- Figura 4.** Atividade antioxidante total (AAT) pelo método ABTS (A e C) e DPPH (B e D) em caquis (*Diospyros kaki* L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. Barras de erros indicam o erro padrão da média de 5 repetições. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2- semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas de caquis (<i>Diospyros kaki</i> L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil ¹	31
Tabela 2. Cor - luminosidade (L), cromaticidade (C), ângulo hue (H°) e índice de coloração (IC) da casca de caquis (<i>Diospyros kaki</i> L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil ¹	33
Tabela 3. Cor - luminosidade (L), cromaticidade (C), ângulo hue (H°) e índice de coloração (IC) da polpa de caquis (<i>Diospyros kaki</i> L.) Giombo e Rama Forte oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil ¹	34
Tabela 4. Sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (ATT), relação sólidos solúveis/ acidez titulável (SS/ATT), açúcares totais (AT) e açúcares redutores (AR) em caquis (<i>Diospyros kaki</i> L.) Giombo e Rama Forte oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil ¹	36
Tabela 5. Vitamina C (Vit. C), polifenóis extraíveis totais (PET), taninos solúveis (TS), carotenoides totais (CT), betacaroteno (BC), índice de adstringência (IA) em caquis (<i>Diospyros kaki</i> L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil ¹	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Aspectos gerais	14
2.2 Características dos frutos de Caqui	15
2.3 Classificação e variedades	18
2.4 Estádios de maturação para a colheita	19
2.5 Taninos, adstringência e destanização em caquis	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Coleta dos frutos e instalação do experimento.....	21
3.2. Características físicas	23
3.2.1 Diâmetro do fruto.....	23
3.2.2 Formato do fruto	23
3.2.3 Massa fresca.....	23
3.2.4 Cor casca e da polpa.....	23
3.2.5 Firmeza do fruto.....	24
3.3 Características físico-químicas e químicas	24
3.3.1 Vitamina C	24
3.3.2 pH.....	24
3.3.3 Acidez Titulável.....	24
3.3.4 Sólidos Solúveis.....	25
3.3.5 Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (SS/AT).....	25
3.3.6 Açúcares Totais.....	25
3.3.7 Açúcares Redutores.....	25
3.3.8 Índice de Adstringência	26
3.3.9 Carotenoides totais	26
3.3.10 Betacaroteno.....	26
3.3.11 Taninos solúveis.....	27
3.3.12 Polifenóis Extraíveis Totais	27
3.3.13 Atividade Antioxidante Total.....	28
3.3.14 Atividade da pectina metil-esterase	29
3.3.15 Atividade da poligalacturonase	29
3.4 Delineamento e análise estatística	30

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Características físicas	31
4.2 Características físico-químicas e químicas	35
5 CONCLUSÃO.....	45
REFRÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O Caqui (*Diospyros kaki* L.) é um fruto subtropical de regiões temperadas originário da Ásia. No Brasil, a cultura foi introduzida no século XIX, influenciada principalmente pela imigração Japonesa e disseminada inicialmente no estado de São Paulo. As regiões que concentram a maior produção de caqui no país são Sul e Sudeste, devido principalmente às condições climáticas favoráveis à cultura (BRACKMANN, 2003).

Na região Nordeste, há pequena produção de caqui nas regiões de altitude do estado da Bahia (IBGE, 2019). No entanto, o emprego de tecnologias aliadas à pesquisa tem demonstrado viabilidade do cultivo de espécies de clima subtropical e temperado como o caquizeiro em condição semiárida tropical de elevadas temperatura e taxa de evapotranspiração, além de baixa umidade relativa do ar (LOPES; OLIVEIRA, 2010). De acordo com Fachinello et al. (2011), o sucesso dessa cultura se deve à possibilidade de obtenção de boa produtividade, com reduzida utilização de insumos, uma vez que o caquizeiro apresenta relativa rusticidade em relação ao ataque de pragas e doenças, boa adaptabilidade e possibilidade de exportação.

A produção de caqui nas regiões Sul e Sudeste do Brasil se concentra nos meses de fevereiro a junho. Fora da safra, o fruto é importado da Espanha e Israel, chegando ao consumidor final com valor até seis vezes maior. Na região semiárida, as condições climáticas e o manejo utilizado, como indução da floração, possibilitam produzir em qualquer período do ano, direcionando para os meses de menor oferta, proporcionando melhores preços para o produtor (LOPES; OLIVEIRA, 2010; LOPES et al., 2014).

Dentre as variedades de caqui mais cultivadas no Brasil, destacam-se ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’, classificadas, quanto ao conteúdo de taninos, no grupo de polinização variável adstringente (PVA), que contém altos níveis de taninos solúveis, responsáveis pela adstringência, e necessitam de tratamento para remoção desta adstringência antes do consumo (EDAGI; KLUGE, 2009). Em experimentos realizados no Vale do São Francisco, as variedades Rama Forte e Giombo têm demonstrado os melhores resultados em termos de produção e qualidade dos frutos (LOPES et al., 2014).

A maturação dos frutos pode ser definida como a sequência de mudanças na coloração, sabor, aroma e textura, culminando com o ponto ideal para o consumo. A maioria dos frutos atinge qualidade comestível máxima quando amadurece completamente na planta, entretanto não podem ser colhidos nesse estágio devido aos inconvenientes que apresentam quanto ao seu maior grau de perecimento e sensibilidade ao manuseio. Para o caqui, o estágio de maturação para a colheita pode ser determinado por meio da avaliação da cor da epiderme, que terá efeito

direto na qualidade pós-colheita e no potencial de armazenamento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; VITTI, 2009).

São escassas informações quanto às potencialidades e o estágio de maturação ideal para colheita dos frutos produzidos na região nordeste do Brasil, que garantam melhor qualidade nutricional aliada ao sabor agradável e maior vida útil. Estudos realizados por Itamura; Ohno; Yamamura (1997) demonstraram que caquis colhidos fisiologicamente imaturos podem apresentar vida pós-colheita inferior àqueles colhidos fisiologicamente maduros. Krammes; Argenta; Vieira (2005) identificaram que caquis ‘Fuyu’ colhidos tardiamente apresentam menor vida pós-colheita. Albuquerque (2018), estudando caquis Rama Forte produzidos no Vale do São Francisco, observou que a colheita com coloração da epiderme laranja resultou em melhor qualidade e conservação da qualidade físico-química.

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar caquis das variedades Giombo e Rama Forte colhidos em diferentes estágios de maturação, produzidos no Vale do Jaguaribe-CE.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais

O caqui (*Diospyros kaki* L.) tem sua origem na China, onde é plantado há milhares de anos. No Brasil, a cultura do caqui foi introduzida no final do século XIX, influenciada principalmente pela imigração japonesa (BRACKMANN, 2003; MOURA; TECCHIO; TEIXEIRA, 2014).

A cultura do caqui vem se tornando cada vez mais expressiva mundialmente. Entre os anos de 2007 e 2017, a área plantada com caqui saltou de 725.376 hectares para 1.074.793 hectares, aumento de 48% em área plantada. Em produção, durante esse mesmo período, o incremento foi de 54%, passando de aproximadamente 3,74 milhões de toneladas em 2007 para aproximadamente 5,75 milhões de toneladas em 2017 (FAO, 2019). De acordo com dados da FAO (2019), os principais países produtores de caqui em 2017 foram: China (4,15 milhões de toneladas), Espanha (404 mil toneladas), Coreia do Sul (378 mil toneladas), Japão (225 mil toneladas) e Brasil (180 mil toneladas).

No Brasil, a produção de caqui se concentra principalmente na região sudeste do país, que em 2017 respondeu por mais de 70% da produção nacional. O estado de São Paulo figura como destaque, com produção de 27.780 kg por hectare, representando 78,27% da produção da região e 55,98% da produção nacional (101.204 toneladas) em 2017, seguido pelos estados de Minas Gerais (15.413 toneladas), Rio de Janeiro (11.965 toneladas) e Espírito Santo (720 toneladas) (IBGE, 2019). Na região nordeste do Brasil, a produção de caqui se concentra no estado da Bahia, que no ano de 2017 produziu 200 toneladas do fruto; no estado do Ceará, não há registro de produção no ano de 2017 (IBGE, 2019).

Pertencente ao gênero *Diospyros*, denominado como fruta dos deuses (dios= Deus, pyros= alimento), pertence à família Ebenaceae, que possui cerca de 2000 espécies divididas entre cinco gêneros, com destaque para o gênero *Diospyros*. Dentre as espécies mais utilizadas, estão *D. virginiana* e *D. lotus*, que são utilizadas como porta-enxertos, entretanto a espécie de maior importância econômica é o caqui (*Diospyros kaki* L.) (MOURA; TECCHIO; TEIXEIRA, 2014).

O fruto é uma baga com formato e tamanho que variam entre as cultivares, a massa dos frutos varia em torno de 130 a 350 g. É classificado como climatérico, porém com baixa produção de etileno, mas que apresenta mudanças na coloração, textura, aroma e sabor, que os

tornam agradáveis para o consumo e muito apreciados, principalmente por seu sabor doce. (NAKANO et al., 2003; TESSMER, 2014).

O caquizeiro é uma planta caducifólia, capaz de adaptar-se a condições diversas de Clima e solo, apresenta crescimento lento, atingindo o estágio adulto aos 7-8 anos. Se utilizadas mudas enxertadas, a produção se inicia aos 4-5 anos, aumentando progressivamente até o 15º ano, quando se estabiliza. Geralmente, uma planta adulta, em pomar bem conduzido, produz de 100 a 150 kg de frutos por ano. A época de colheita pode variar em função das variedades, condições climáticas e dos tratos culturais, estendendo-se de fevereiro a julho, nas condições de clima temperado. Nas regiões de clima mais quente, a safra é mais precoce, assim como em regiões mais frias a safra é mais tardia (FIORAVANÇO; PAIVA, 2007; MOURA; TECCHIO; TEIXEIRA, 2014).

Na região do Vale do São Francisco, em avaliações realizadas, foi possível observar que a indução da floração pode ocorrer em qualquer época do ano, direcionando o período de colheita para os meses de menor oferta de frutos no mercado, o que gera vantagens econômicas para o produtor. Em pomar experimental da variedade Rama Forte, foi registrada a primeira produção no segundo ano após o plantio; no quarto ano, a produção foi de 9,19 kg por planta. As avaliações realizadas no Vale do São Francisco também indicaram que as cultivares com melhor potencial agrônômico e econômico foram ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’ (LOPES et al., 2014).

2.2 Características dos frutos de Caqui

As características físicas dos frutos – diâmetro, massa, forma, firmeza, cor e rendimento – estão entre os atributos usados para auxiliar na determinação do grau de maturação e do ponto ideal de colheita. Essas características também influenciam na aceitabilidade do produto por parte do consumidor e no rendimento industrial (COELHO, 1994; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Nascimento et al. (2017), as características físicas dos frutos de caqui variam de acordo com a variedade. Em caquis produzidos na cidade de Jaboticabal-SP, foi observado rendimento de polpa de 69,20 e 85,38% para caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ (CAVALCANTE et al., 2007). De acordo com Moura; Tecchio; Teixeira (2014), as variedades Giombo e Rama Forte apresentaram frutos com cerca de 140 e 150 g respectivamente, em São Paulo. Para o mercado consumidor interno, frutos de maior tamanho são mais atrativos; para exportação, porém, os consumidores preferem frutos de menor peso e, conseqüentemente, de

menor tamanho. Para a indústria, são preferíveis frutos grandes, onde o peso de polpa e casca é o atributo físico de maior importância para a exploração econômica, principalmente no que se refere ao processamento de frutos (NASCIMENTO et al., 2017).

A firmeza é um importante parâmetro para o transporte e comercialização dos frutos e é caracterizada pela dureza, fibrosidade, resistência à elasticidade, dentre outras (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O amolecimento de um fruto pode ser resultante de dois processos: diminuição da pressão de turgescência das células – decorrente do armazenamento dos frutos sob condições de baixa umidade relativa do ar, que possibilita perda excessiva de água – ou modificações observadas na lamela média e parede celular, principalmente devido à ação de enzimas sobre as substâncias pécnicas. Dentre estas enzimas que atuam na modificação da textura, estão a poligalacturonase (PG) e a pectina metil-esterase (PME). A PG promove a despolimerização da cadeia do ácido poligalacturônico, ao passo que a PME atua desesterificando os grupos metílicos ou acetil da cadeia. Com a atividade destas enzimas, a pectina passa da forma insolúvel para a forma solúvel, que culmina no amolecimento do fruto (KLUGE et al., 1997).

Para o caqui, o amolecimento da polpa é o principal indicador do fim da vida pós-colheita. Caqui ‘Fuyu’ normalmente é consumido ainda crocante, quando a firmeza for igual ou superior a 22 N, especialmente na América do Norte e Europa (SARGENT; CROCKER; ZOELLNER, 1993; CRISOSTO; MITCHAM; KADER, 1999). Para caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ produzidos no vale do São Francisco, Petrolina-PE, e colhidos fisiologicamente maduros, foi observada firmeza do fruto de 28,7 e 38,4 N, respectivamente (SANTOS et al., 2010).

De acordo com Mendonça et al. (2015), a aparência comercial dos frutos se baseia na coloração exibida por sua epiderme. Por sua vez, a cor é um atributo importante, pois é um fator determinante para aceitação por parte do consumidor. As modificações da coloração dos caquis durante o amadurecimento estão relacionadas à degradação da clorofila e ao aumento do conteúdo de pigmentos carotenoides (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2008).

Entre as características físico-químicas e químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos, as mais comuns são: teor de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), relação SS/AT, açúcares redutores, açúcares totais, vitamina C, pigmentos e compostos fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O caqui apresenta alto conteúdo de sólidos solúveis: trabalhos anteriores expuseram uma variação de 15,10 a 21,42 °Brix para caquis ‘Giombo’ e 14,90 a 18,04 °Brix para caquis ‘Rama Forte’ (CAVALCANTE et al., 2007; SANTOS et al., 2010; MENDONÇA et al., 2015;

SÁ et al. 2018). De acordo com Chitarra; Alves (2001), o conteúdo de sólidos solúveis nas variedades de caquis adstringentes pode ser influenciado pela presença de taninos solúveis, com acréscimo no conteúdo de sólidos solúveis.

Os valores de acidez e pH nos frutos são importantes na relação de doçura e também podem influenciar na conservabilidade (por meio do desenvolvimento de microrganismos), na atividade enzimática, dentre outros. A acidez é um índice para a avaliação da qualidade e maturidade de algumas frutas; em geral, algumas espécies apresentam decréscimo durante o amadurecimento (laranja), (DOMINGUES et al., 2001), ao passo que em outros frutos como, por exemplo, a banana, ocorre incremento nesse estágio (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O caqui apresenta acidez titulável em torno de 0,16 a 0,23 % de ácido málico, sendo classificado como fruto de baixo teor de acidez (FONSECA, 1973), havendo declínio no teor durante o amadurecimento do fruto (ALBUQUERQUE, 2018).

A concentração de açúcares em frutos de caqui varia de acordo com o estágio de maturação e variedade genética. Del Bubba et al. (2009) mencionam valores de açúcares totais 15,0 e 14,9 g 100 g⁻¹ em variedades de caquis adstringentes ‘Kaki tipo’ e ‘Rojo Brillante’. Veberic et al. (2010), estudando frutos totalmente maduros de 11 cultivares, observaram que a glicose normalmente aparece em maior concentração (4,78 a 8,79 g 100 g⁻¹), seguida de frutose (3,80 a 7,78 g 100 g⁻¹) e sacarose (0,91 a 1,22 g 100 g⁻¹). Os açúcares são os principais responsáveis pelo caqui ser considerado calórico, contendo aproximadamente 71 kcal por 100 g do fruto e 19% de carboidratos na sua composição, além de apresentar alto teor de fibra alimentar e menor proporção de proteínas e lipídios e minerais como cálcio, ferro, fósforo e potássio (TACO, 2011).

Especial interesse nos benefícios proporcionados por frutas e vegetais tem surgido, uma vez que estudos epidemiológicos mostraram algum grau de correlação entre seu consumo e a redução do risco de doenças coronarianas, hipertensão e acidente vascular cerebral, câncer, diabetes e outras doenças degenerativas e crônicas (HERTOG et al., 1993; WANG et al., 2014). O caqui é um fruto bastante apreciado pelas suas características nutracêuticas, como vitamina C e carotenoides, e tem merecido atenção devido à abundância em compostos fenólicos, incluindo flavonoides, ácido gálico, ácido p-cumárico, catequinas e taninos condensados que corroboram para o aumento do potencial antioxidante (PARK et al., 2006).

2.3 Classificação e variedades

De acordo com a polinização, os caquis podem ser classificadas como: polinização constante (PC), variedades em que os frutos não apresentam variação da coloração da polpa em função da polinização e os de polinização variável (PV), frutos que apresentam polpa clara quando não polinizados (sem sementes) e polpa escura quando polinizados (com sementes). Ainda podem ser classificadas de acordo com a adstringência em adstringentes (A) e não adstringentes (NA). Portanto, têm-se os seguintes grupos PCNA ('Fuyu', 'Jiro' e 'Fuyuhana'), PCA ('Taubaté', 'Hachiya', 'Pomelo' e 'Rubi'), PVNA ('Zenjimarú', 'Shogatsu' e 'Mizushima') e PVA ('Aizumishirazu', 'Rama Forte' e 'Giombo') (EDAGI; KLUGE, 2009; ITO, 1971).

Segundo Campo-Dall'Orto et al. (1996), no Brasil os frutos de caqui são classificados em três grupos. O grupo "sibugaki" inclui os frutos de polpa sempre taninosa e de cor amarelada, quer apresentem ou não sementes. As principais variedades são: 'Taubaté', 'Pomelo', 'Hachiya' e 'Coração de boi'. O segundo grupo, denominado "amagaki", abrange frutos de polpa sempre não taninosa e de cor amarelada, apresentando ou não sementes. São chamados caquis doces ou duros. As principais variedades são: 'Fuyu', 'Jiro', 'Hanagosho' e 'Fuyuhana'. O terceiro grupo é conhecido como "variável" e inclui frutos de polpa taninosa e de cor amarelada, quando sem sementes e não taninosa, parcial ou totalmente, quando com uma ou mais sementes, as principais variedades deste grupo são: 'Rama Forte', 'Giombo' e 'Kaoru'.

Tanto a variedade Giombo quanto a variedade Rama Forte, pertencente ao grupo variável (PVA), apresentam frutos de polpa amarela e taninosa quando sem sementes, e polpa escura e parcialmente ou totalmente não taninosa, quando apresentam sementes. A intensidade da coloração da polpa varia conforme a quantidade de sementes; quando são numerosas, a polpa é de coloração escura; quando com poucas sementes, a tonalidade escura se apresenta ao redor delas. Essa tonalidade escura originou a expressão popular caqui "chocolate" (MOURA; TECCHIO; TEIXEIRA, 2014).

A variedade Giombo ostenta plantas muito vigorosas e produtivas, exigindo desbaste de frutos. Os frutos exibem de peso médio de 140 gramas e formato ovoide. Apresentam maturação tardia, sendo a colheita realizada no período de maio a junho, em condições de clima temperado. A variedade Rama Forte também apresenta plantas vigorosas e bastante produtivas pouca necessidade de frio, necessitando de escoramento dos ramos. Produzem frutos de tamanho médio (150 gramas), achatados, de sabor bastante agradável, com consistência firme após a destanização, além de boa resistência ao transporte. O período de colheita é entre março e maio.

As variedades Giombo e Rama Forte estão entre as mais consumidas no Brasil (MOURA; TECCHIO; TEIXEIRA, 2014).

2.4 Estádios de maturação para a colheita

A maturação dos frutos pode ser explicada como a sucessão de alterações na cor, sabor, aroma e textura, tornando-os apropriados ao consumo *in natura* e/ou industrialização. A maioria dos frutos atinge qualidade comestível máxima quando amadurece (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O estágio de maturação para a colheita de caquis pode ser determinado por meio da avaliação da cor da epiderme e exercerá efeito direto na qualidade pós-colheita e no potencial de armazenamento dos frutos (MARTINS; PEREIRA, 1989; VITTI, 2009).

A definição do estágio de maturação ideal para a colheita é extremamente importante, pois este determina o potencial de armazenamento e a qualidade dos frutos. Caquis colhidos precocemente apresentam boa conservação, porém a coloração e o sabor são pobres. Caquis colhidos tardiamente possuem maior qualidade de consumo, entretanto menor capacidade de armazenamento (BUENO et al., 2014). Em estudo com caquis produzidos em Fraiburgo-SC, Krammes; Argenta; Vieira (2005) relataram que os frutos colhidos no estágio de maturação em que a epiderme estava totalmente alaranjada tiveram o amolecimento da polpa mais rápido que caquis colhidos em estádios de maturação em que a epiderme se encontrava mais esverdeada. Albuquerque (2018), estudando caquis ‘Rama Forte’ produzidos no Vale do São Francisco, observou que a colheita com coloração da epiderme laranja resultou em melhor qualidade e conservação da qualidade físico-química.

2.5 Taninos, adstringência e destanização em caquis

Taninos são grupos de compostos químicos de origem vegetal os quais, ao reagirem com as proteínas presentes na saliva, principalmente a amilase, precipitam-nas, provocando a sensação de adstringência ou “aperto na boca”. São definidos como compostos fenólicos solúveis em água, que possuem a capacidade de formar complexos com alcaloides, gelatina e proteínas (FENEMMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010; HASSANPOUR et al., 2011).

Esses compostos são classificados em dois grupos, de acordo com seu tipo estrutural: taninos solúveis ou hidrolisáveis e taninos condensados ou proantocianidinas (ROCHA et al., 2011). Segundo Edagi et al. (2009), as cultivares adstringentes de caquizeiro contêm notáveis teores de taninos solúveis, quando consumidos causam uma sensação de secura no palato

porque os taninos precipitam as proteínas presentes na saliva, sobretudo a amilase. A perda de adstringência natural no caqui normalmente está associada ao amadurecimento, acompanhada muitas vezes pela perda de firmeza do fruto, ressaltando-se que quanto mais rápida for a perda de firmeza menor a vida pós-colheita do fruto mais sensível ele será a danos mecânicos (MONTEIRO, 2011; TERRA et al., 2014).

De acordo com Sugiura et al. (1979), é possível haver dois mecanismos diferentes envolvidos na perda natural da adstringência, um deles dependente da produção de etanol e de acetaldeído pelas sementes durante o desenvolvimento dos frutos, estando relacionado com caquis dos tipos PVNA, PVA e PCA. O segundo mecanismo estaria relacionado ao menor tamanho das células de tanino, de baixo peso molecular e menor reatividade, do que ao grau de coagulação e ocorreria em frutos de cultivares tipo PVNA (TAYLOR, 1993).

Nas variedades de caqui adstringentes, a redução natural do conteúdo de taninos não é suficiente para torná-los agradáveis ao consumo, então alguns métodos são utilizados para remoção artificial da adstringência (destanização). O ponto de maturação, a variedade e a distância de mercado são fatores essenciais à determinação do tempo, da temperatura e do produto a ser utilizado na destanização (SHIMIZU et al., 2002). Dentre os métodos mais utilizados para destanização, estão: utilização de altas concentrações de dióxido de carbono ou baixa concentração de oxigênio; aplicação de carbeto de cálcio; aplicação de ácido acético e exposição à atmosfera com vapores de etanol (MONTEIRO, 2011). Este processo se baseia na indução da polimerização das moléculas de tanino, tornando-as insolúveis e, conseqüentemente, incapazes de reagir com as enzimas presentes na saliva (EDAGI; KLUGE, 2009).

Edagi et al. (2009), avaliando a eficácia da aplicação de subdosagens de etanol na remoção da adstringência de caqui 'Giombo' submetido a distintas temperaturas e tempos de exposição, observaram que a dose de 3,5 mL Kg⁻¹, por um período de seis horas, é suficiente para a remoção total da adstringência de caquis 'Giombo' após seis dias da aplicação. No entanto, Tessmer (2014), estudando a destanização de caquis 'Giombo' e sua relação com a época de colheita, concluiu que a redução da adstringência está relacionada à época de colheita e tempo de exposição ao etanol. Frutos do início da safra apresentaram índice de adstringência e taninos solúveis adequados quando expostos ao etanol por 24 horas; por sua vez, os frutos do final da safra necessitaram de 36 horas de exposição, na dose de 1,70 mL Kg⁻¹.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta dos frutos e instalação do experimento

Os frutos de caqui (*Diospyro kaki* L.) das variedades Giombo e Rama forte foram originários de um pomar experimental com 10 anos de implantação da empresa FRUTACOR, localizado no perímetro irrigado Tabuleiro de Russas, no município de Russas, CE, Brasil (4°58'03.2''S e 38°03'11.5''O, e altitude de 77 m), semiárido brasileiro. O clima da região é classificado como Bsh, ou seja, seco, muito quente, de acordo com a classificação de Köppen (1948). Apresenta volume de precipitações da ordem de 720mm, distribuídos irregularmente ao longo do ano (inverno úmido), e temperatura média anual superior a 18°C (DNOCS, 2019).

A etapa de floração e desenvolvimento dos frutos compreendeu os meses de maio a dezembro de 2017. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), nesse período, a insolação na região variou de 251,5 a 312,7 h por mês. Dados de umidade relativa; velocidade do vento, temperatura e precipitação, para o mesmo período, podem ser observados na Figura 1.

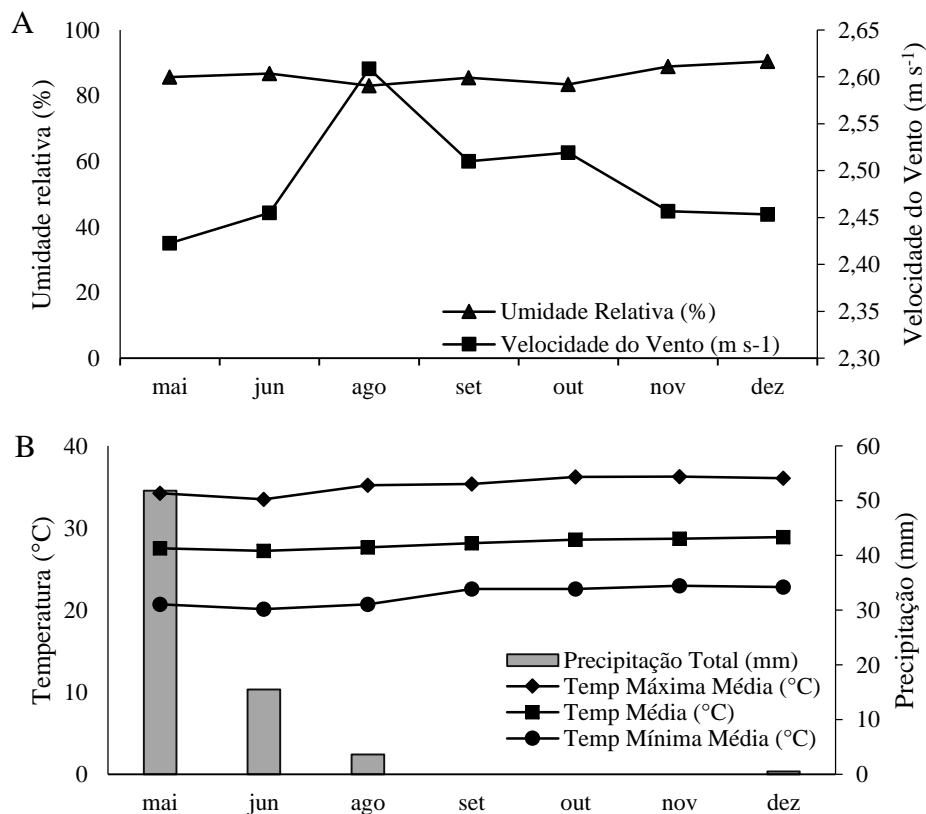


Figura 1. Variáveis meteorológicas: A- Umidade relativa e velocidade do vento e B- Temperatura e precipitação nos meses de maio a dezembro de 2017. Fonte: INMET 2019.

A colheita foi realizada no mês de dezembro de 2017, sendo considerados frutos em três estádios de maturação (E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela) (Figura 2). Os estádios verde e semimaduro foram colhidos aos 175 dias após floração, e o estádio maduro foi colhido aos 193 dias após floração.

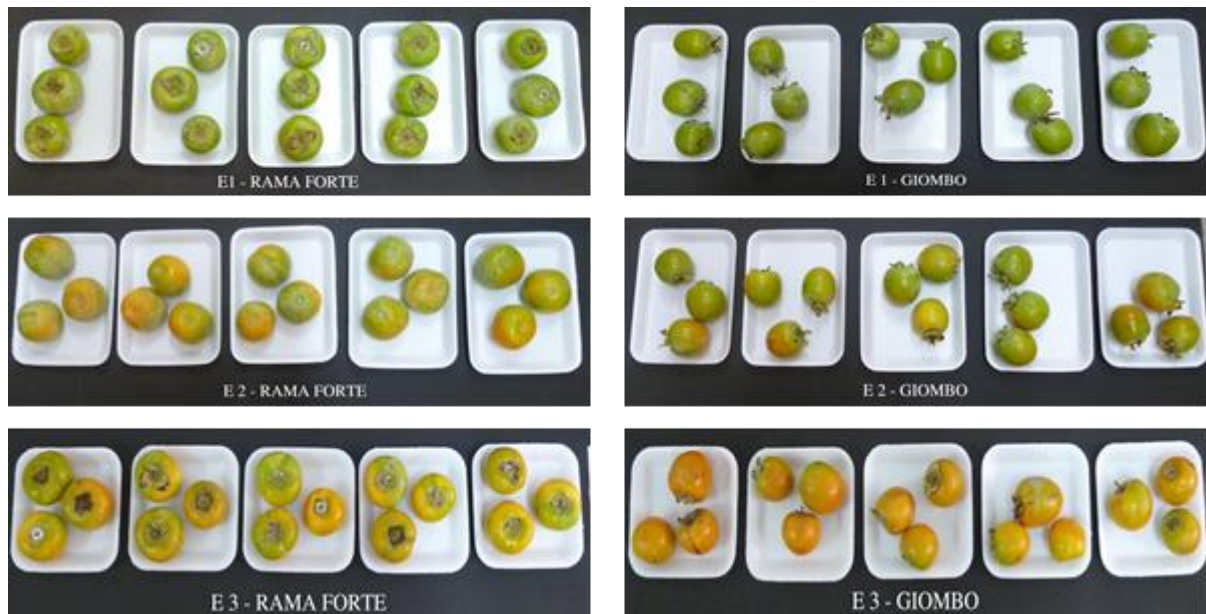


Figura 2. Estádios de maturação dos caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’. E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2- semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

Logo após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em Mossoró/RN, onde foram conduzidos os experimentos. Os frutos foram selecionados, sendo descartados aqueles que apresentavam algum tipo de dano, seja mecânico ou por ataque de insetos. Posteriormente, foram higienizados em água corrente e imersos em solução clorada contendo 50ppm de cloro durante 15 minutos, secando naturalmente.

Os frutos das variedades Giombo e Rama Forte foram separados em cinco repetições de três frutos para cada estádio. Em seguida, cada fruto foi submetido às avaliações físicas. Após o corte longitudinal, os frutos foram submetidos à determinação do índice de adstringência. Posteriormente, foram retiradas as cascas e sementes e os frutos foram cortados com o auxílio de facas de aço inoxidável e triturados com auxílio de um *mixer* Philips Walita modelo ProMix.

Cada repetição foi acondicionada em dois potes plásticos protegidos da luz, os quais foram armazenados em *freezer* para as determinações físico-químicas e químicas.

3.2. Características físicas

3.2.1 Diâmetro do fruto

O diâmetro longitudinal e transversal foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital Lotus Plus, com escala variando de 0 a 150 milímetros (mm), e o resultado foi expresso em mm.

3.2.2 Formato do fruto

Foi obtido pela relação entre diâmetro longitudinal e diâmetro transversal dos frutos. De acordo com os valores obtidos, os frutos foram classificados em: comprimido ($RF < 0,9$); esférico ($0,9 \leq RF \leq 1,1$); oblongo ($1,1 < RF < 1,7$) e cilíndrico ($RF > 1,7$), de acordo com a escala adaptada de Lopes (1982).

3.2.3 Massa fresca

A massa fresca dos frutos foi determinada com auxílio de uma balança semi-analítica, e o resultado foi expresso em gramas(g).

3.2.4 Cor casca e da polpa

A cor da casca e da polpa foi determinada com auxílio de colorímetro digital de bancada (CR-410, Minolta®). Foram realizadas duas leituras em pontos equidistantes em cada fruto e os resultados foram expressos de acordo com as coordenadas CIE lab, que incluem as variáveis L^* (luminosidade), a^* (variação entre as cores verde e vermelho) e b^* (variação entre as cores azul e amarela) (MINOLTA, 2007). Os valores de a^* e b^* foram convertidos em ângulo Hue (tonalidade) e Croma (saturação), que são as variáveis que melhor representam a evolução da cor da casca do caqui durante o processo de amadurecimento, conforme equações 1, 2 e 3.

$$H^\circ = \arctg(b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \text{ e } b^* > 0 \quad (1)$$

$$H^\circ = 180^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ quando } a^* < 0 \text{ e } b^* > 0 \quad (2)$$

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

Com os valores obtidos na coloração (variáveis L^* , a^* e b^*), foi calculado o índice de cor, conforme equação 4, como descrito por Jiménez-Cuesta; Cuqurella e Martínez-Jávega (1981). A variação do IC vai de -20 (verde) a +20 (vermelho).

$$IC = (1000 \times a^*) / (L^* \times b^*) \quad (4)$$

3.2.5 Firmeza do fruto

A firmeza dos frutos foi determinada utilizando-se texturômetro Texture Analyser®, modelo TA.XTExpress/TA.XT2icon (*Stable Micro Systems Ltd*). Utilizou-se ponteira cilíndrica de 6 mm de diâmetro (modelo P/6). As velocidades de pré-teste, teste e pós-teste foram de 2 mm s^{-1} , 2 mm s^{-1} e 10 mm s^{-1} , respectivamente, e a distância de penetração de 10mm. Em cada fruto, foram realizadas duas leituras, na região equatorial e em pontos equidistantes. O resultado foi expresso em Newton (N).

3.3 Características físico-químicas e químicas

3.3.1 Vitamina C

A vitamina C foi determinada por titulometria com solução Tilman (DFI – 2,6 diclorofenol-indofenol a 0,02%), tomando-se 5 g das amostras e diluindo para balão volumétrico de 50 mL com ácido oxálico 0,5%, conforme metodologia proposta por Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008), e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de polpa.

3.3.2 pH

O pH foi determinado com auxílio de potenciômetro de leitura direta Tecnal®, modelo mPA-210, devidamente padronizado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0. A leitura foi realizada diretamente nas amostras trituradas. Após a estabilização dos resultados expressos no painel do equipamento, os dados mensurados foram expressos em valores reais de pH (ZENE BON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

3.3.3 Acidez Titulável

A acidez titulável (ATT) foi determinada por titulação volumétrica com solução de NaOH, conforme o Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008). Aproximadamente 2 g da polpa foram

diluídos em 50 mL de água destilada e acrescidos de duas gotas do indicador fenolftaleína a 1%. Essa mistura foi titulada lentamente com solução de NaOH 0,01 M, usando um titulador automático Titrette® modelo Classe A, até a mudança de cor para levemente róseo. Os resultados foram expressos em % de ácido málico.

3.3.4 Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado com o auxílio de um refratômetro digital Palette Atago Co modelo PR-100, com correção automática de temperatura de acordo com metodologia recomendada por Zenebon, Pascuet e Tiglia (2008), e os resultados foram expressos em °Brix. As amostras foram trituradas em *mixer* doméstico e no momento da leitura foram filtradas em papel de filtro.

3.3.5 Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (SS/AT)

A relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável.

3.3.6 Açúcares Totais

Os Açúcares totais foram determinados pelo método de Antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno), conforme Yemn e Willis (1954), a partir de 0,5g das amostras diluídas em balão volumétrico de 50 mL com água destilada. Dessa solução, foi retirada uma alíquota de 5 mL e diluída novamente em balão de 50 mL com água destilada. Depois, foi tomada uma alíquota de 100 µL para realizar a análise; a leitura foi realizada em espectrofotômetro Pró-Análise®, modelo UV-1600, a 620 nm, e os resultados foram expressos em g de glicose 100 g⁻¹ de polpa.

3.3.7 Açúcares Redutores

Para os açúcares redutores, a extração foi realizada com água destilada e determinada segundo Miller (1959). O extrato foi obtido a partir da diluição de 0,5 g da amostra, em um balão de 50 mL com água destilada. As leituras foram feitas em espectrofotômetro Pró-Análise®, modelo UV-1600, a 540 nm e os resultados foram expressos em g de glicose 100 g⁻¹ de polpa.

3.3.8 Índice de Adstringência

Foi determinado através do método proposto por Campo-Dall'Orto et al. (1996), no qual se avalia a impressão de uma das faces dos frutos cortados em papel filtro, previamente preparado com solução de cloreto férrico (FeCl_3) a 5%. O tanino, na forma solúvel, reage com o cloreto férrico, tornando-se escurecido. As impressões foram avaliadas por meio da escala de notas: 1- não taninoso; 2- ligeiramente taninoso; 3- medianamente taninoso; 4- taninoso; 5- muito taninoso.

3.3.9 Carotenoides totais

Foram determinados segundo metodologia de Higby (1962). Para a extração, foram pesados 2,5 g das amostras, adicionados 15 mL de álcool isopropílico e 5 mL de hexano, sendo homogeneizados em um homogeneizador de tecidos tipo Turrax por 1 minuto na velocidade 4. Logo depois, foi transferido o conteúdo para funil de separação em vidro âmbar de 125 mL, completando-se o conteúdo com água e deixando-se descansar por 30 minutos, fazendo-se a lavagem logo em seguida. Após três descansos de 30 minutos cada, foi filtrado o conteúdo através de algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro P. A., para um balão volumétrico de 25 mL envolto em papel alumínio e completado o volume com 2,5 mL de acetona e o restante com hexano. As leituras foram feitas em espectrofotômetro Pró-Análise®, modelo UV-1600, a um comprimento de onda de 450 nm, utilizando-se cubetas de vidro de 1,5 cm de largura. Os resultados foram calculados por meio da equação 5, e o resultado foi expresso em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ polpa.

$$CT = \frac{A_{450} \times 100}{250 \times L \times W} \quad (5)$$

Onde:

CT = carotenoides totais;

A450 = absorbância;

L = largura da cubeta em cm;

W = quociente entre a massa da amostra original em g e o volume final da diluição em mL.

3.3.10 Betacaroteno

O conteúdo de β -Caroteno foi determinado segundo metodologia de Nagata e Yamashita (1992), em que se dissolveu 1g da amostra em 6mL de Hexano e 4mL de acetona,

homogeneizada e centrifugada logo em seguida. A leitura do sobrenadante foi realizada em espectrofotômetro Pró-Análise®, modelo UV-1600 a 663, 645, 505 e 453 nm. O teor de carotenoides totais foi determinado pela equação 6 e o resultado expresso em mg 100 g⁻¹ polpa.

$$BC = (0,216 \times A663) - (1,22 \times A645) - (0,304 \times A505) + (0,452 \times A453) \quad (6)$$

Onde:

BC = Betacaroteno;

A663 = Leitura da absorbância a 663 nm;

A645 = Leitura da absorbância a 645 nm;

A505 = Leitura da absorbância a 505 nm;

A453 = Leitura da absorbância a 453 nm.

3.3.11 Taninos solúveis

Os teores de taninos solúveis foram determinados espectrofotometricamente utilizando-se o reagente Follin-Ciocalteau (25%), segundo técnica recomenda por Taira e Ono (1996), na qual se utilizou 1g de polpa triturada para volume final de 100 mL de extrato, do qual foi retirada uma alíquota de até 1 mL. A esta alíquota, adiciona-se reagente de Follin-Ciocalteau (25%) e 1 mL de solução de carbonato de sódio supersaturado e 7,5 mL de água destilada. A leitura da absorbância foi feita em espectrofotômetro com comprimento de onda 725 nm. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de polpa.

3.3.12 Polifenóis Extraíveis Totais

Os extratos para determinação dos polifenóis extraíveis totais (PET) e atividade antioxidante total (AAT) foram preparados de acordo com metodologia proposta por Larrauri; Rupérez; Saura-Calixto (1997). O peso da amostra para preparação do extrato variou entre 0,5 e 1,5 g, em função da concentração de compostos bioativos presentes. As amostras foram pesadas diretamente em tubos de centrífuga (protegido da luz), onde foram adicionados 10 mL de álcool metílico 50%. Homogeneizou-se e deixou-se a amostra tampada e em repouso à temperatura ambiente por 1 h. Em seguida, esse extrato foi centrifugado em centrífuga Hettich, modelo ROTANTA 460R, por 20 minutos a 20 °C na rotação de 10.000 rpm. O sobrenadante foi filtrado com auxílio de papel de filtro para balão de volumétrico de 25 mL. Com resíduo que ficou no tubo, foi feita uma segunda extração utilizando 10 mL de acetona 70%, que permaneceu em repouso à temperatura ambiente por mais 1 h. O conteúdo do tubo foi

centrifugado novamente e o sobrenadante foi filtrado para o mesmo balão de 25 mL, aferido com água destilada logo depois.

Os polifenóis foram determinados por ensaio colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com Obanda e Owuor (1997). A determinação foi realizada utilizando-se alíquotas que variaram de 100 a 600 μL dos extratos em tubos de ensaio e a eles foi adicionado o valor correspondente de água destilada para completar 1000 μL , 1 mL do reagente de Folin-Ciocalteu 25%, 2 mL de solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas em agitador de tubos Vortex®, modelo QL – 901, e deixadas em repouso durante 30 minutos no escuro. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro Pró-Análise®, modelo UV-1600 a 700 nm, utilizando a curva padrão de ácido gálico 98% (doseada em 0, 10, 20, 30, 40 e 50 μg). Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (GAE) $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa.

3.3.13 Atividade Antioxidante Total

ABTS^{·+}

A atividade antioxidante total (AAT) foi determinada através da captura do radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$, segundo metodologia descrita por Re et al. (1999) e adaptada por Rufino et al. (2007). O radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ foi gerado por meio da reação da solução ABTS 7 mM (2,2'-azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) com 140 mM de persulfato de potássio, deixado no escuro à temperatura ambiente durante 16 h. Uma vez formado o radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$, foi diluído com etanol até se obter um valor de absorvância de 0,700 $\text{nm} \pm 0,05$ a 734 nm. A leitura espectrofotométrica foi feita seis minutos após a mistura de 30 μL de extrato com 3 mL do radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ e a curva padrão foi elaborada utilizando-se o antioxidante sintético Trolox na concentração de 100 – 2000 μM em etanol. Os resultados foram expressos em μmol de Trolox g^{-1} de polpa.

DPPH

A atividade antioxidante total por DPPH foi determinada segundo metodologia descrita por Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995) e modificada por Sánchez-Moreno; Larrauri; Saura-Calixto (1998). Este método baseia-se na captura do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) por antioxidantes presentes na amostra, o que reduz a absorvância a 515 nm. A partir do extrato de cada amostra, foram preparadas três diluições diferentes, em ambiente escuro: transferiu-se 100 μL de cada diluição e 3,9 mL do radical DPPH em triplicata para tudo

de ensaio e homogeneizou-se em agitador de tubos Vortex®, modelo QL – 901. Em teste prévio, foi observado que oito minutos (tempo de EC₅₀) após a homogeneização ocorreu estabilização do valor da absorbância (EC₅₀) a 515 nm, passando-se a usar esse tempo como padrão para todas as amostras. Em paralelo, foi preparado o controle, utilizando 100 µL da solução controle preparada com álcool metílico, acetona e água e 3,9 mL do radical DPPH. Foi utilizado álcool metílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A atividade antioxidante foi expressa como a concentração de antioxidante capaz de reduzir em 50% a concentração inicial do radical (EC₅₀) e expressa em g de polpa g⁻¹ de DPPH.

3.3.14 Atividade da pectina metil-esterase

Para extração da pectina metil-esterase (PME), 5 g de polpa com 20 mL de solução de NaCl 0,2N foram homogeneizados em turrax LUCADAMA TURRATEC, por 1min na velocidade 4, e em seguida filtrado, toda essa etapa do procedimento foi realizada a baixa temperatura para inibir a atividade enzimática (JEN; ROBINSON, 1984). Para determinação da atividade da PME, uma mistura de 30 mL de pectina cítrica a 1%, diluída em NaCl a pH 7, com 5 mL do extrato enzimático, mantida sob agitação constante, foi titulada com solução de NaOH 0,01N. A finalidade da titulação foi retomar o pH 7, à medida que a atividade enzimática reduzia o pH, no decorrer do tempo; após 10 minutos foi verificada a quantidade de NaOH gasto para, então, calcular a atividade da enzima. A atividade da PME foi expressa em unidade enzimática (E.U). min⁻¹ g⁻¹ de tecido.

3.3.15 Atividade da poligalacturonase

A poligalacturonase (PG) foi extraída conforme metodologia proposta por Pressey e Avants (1973), na qual 5 g de polpa – juntamente com 30 mL de solução tampão acetato de sódio 0,1 M a pH 6,0 contendo 1% de polivinilpirrolidona (PVP) e 0,5 mL de NaCl – foram homogeneizados em turrax por 30 segundos e, posteriormente, filtrada com organza, resultando numa fração líquida que foi centrifugada a 10000 RPM por 30 minutos a 4°C. O sobrenadante constituiu o extrato enzimático. A PG foi determinada a partir da mistura de 3,0 mL desse extrato com 3,0 mL de ácido poligalacturônico 0,25% diluído em tampão acetato de sódio com pH 5,0, em um tubo de ensaio (AR2); na sequência, deixou-se reagir por três horas a 30°C em incubadora Marconi modelo MA-420; em seguida, interrompeu-se a reação com banho-maria a 100 °C, por 5 minutos e, imediatamente, os tubos foram resfriados em banho de gelo. Em outro tubo, foram colocados 3,0 mL de água com mais 3,0 mL do extrato, para determinar o

branco da amostra (AR1). Para obter a atividade enzimática, foi feita a diferença entre as concentrações de AR1 e AR2, obtidas pelo método de Miller (1959) e o resultado foi expresso em E.U. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de amostra.

3.4 Delineamento e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições de três frutos por estádio, as análises foram feitas separadamente para as variedades Giombo e Rama Forte. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, com exceção para os dados de cor, variáveis a e b; vitamina C; sólidos solúveis; pH; açúcares totais; polifenóis extraíveis totais; betacaroteno; taninos solúveis; índice de adstringência; para variedade Rama Forte, atividade antioxidante total por DPPH e por ABTS na variedade Giombo e diâmetro longitudinal; vitamina C; pH; carotenoides totais; betacaroteno; taninos solúveis; índice de adstringência e atividade antioxidante total por DPPH, que foram analisados utilizando o teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade (KRUSKAL; WALLIS, 1952).

As diferenças entre as médias de cada estádio para cada variedade foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa R, versão 3.5.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físicas

Os resultados para as características físicas massa fresca, formato do fruto, diâmetro longitudinal e transversal, bem como e firmeza dos frutos dos caquis ‘Giombo’ (G) e ‘Rama Forte’ (RF) estão dispostos na Tabela 1. Para a variedade Giombo, a massa fresca dos frutos, o diâmetro transversal e a firmeza dos frutos não diferiram em função do estágio de maturação. Para a variedade Rama Forte, somente a firmeza dos frutos não diferiu entre os estádios de maturação.

Tabela 1. Características físicas de caquis (*Diospyros kaki* L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil¹.

Variedade	Estádio	Massa Fresca (g)	Formato do Fruto	Diâmetro Longitudinal (mm)	Diâmetro Transversal (mm)	Firmeza (N)
Giombo	E1	79,83a a	1,05 a	53,05 a	50,74 a	51,90 a
	E2	83,66 a	1,02 a	54,18 a	53,05 a	52,15 a
	E3	83,26 a	0,95 b	50,66 b	53,18 a	45,24 a
	Média Geral	83,46	1,01	52,63	52,32	49,76
	CV (%)	6,67	3,92	2,36	3,64	8,40
Rama Forte	E1	101,78 b	0,76 a	46,06 a	60,37 b	49,37 a
	E2	112,60 a	0,73 b	47,17 a	64,93 a	53,43 a
	E3	103,66 ab	0,71 b	44,82 b	63,01 ab	51,11 a
	Média Geral	106,01	0,73	46,02	62,77	51,30
	CV (%)	5,82	1,88	1,98	2,63	7,97

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade.² E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

No caqui ‘Giombo’, a média da massa fresca foi de 82,31 g. Para a variedade Rama Forte, o estágio semimaduro (E2) destacou-se com maior massa fresca (112,60 g), não diferindo, porém, do estágio maduro (E3) (103,66 g), que apresentou valores médios iguais ao frutos com estágio verde(E1) (101,78 g). Acréscimo de 10,6% na massa fresca do fruto quando ainda no E2, fato importante na medida em que sua comercialização/venda normalmente é realizada por kg/caixa. Moura; Tecchio; Teixeira (2014) descrevem como peso médio 140 e 150 g para as variedades Giombo e Rama forte, respectivamente. Foram observados valores

menores no presente estudo, o que pode ser explicado graças à ausência de raleio (trato cultural) nas plantas na época da produção, o que resultou em maior quantidade de frutos por planta e menor tamanho e peso desses frutos. Por mais que se trate de frutos pequenos, caquis menores podem representar uma vantagem para produtores que visam à exportação, por serem preferencialmente desejados por determinados nichos de mercados. Cavalcante et al. (2007) e Sá et al. (2018), trabalhando com caquis maduros, observaram valores médios variando de 98,62 a 117,2 g para ‘Giombo’ e de 89,5 a 86,2 g para ‘Rama Forte’.

Quanto ao formato do fruto, na variedade Giombo o E3 diferiu dos demais e apresentou menor média (Tabela 1), porém todos os estádios se encaixam no formato de fruto esférico ($0,9 \leq \text{relação} \leq 1,1$). Para a variedade Rama Forte, o E1 apresentou diferença significativa dos demais com maior valor, entretanto todos os estádios indicam formato de fruto comprimido (relação $\leq 0,9$), tendo variação entre 0,71 e 0,76. Para diâmetro longitudinal (Tabela 1), nas variedades Giombo e Rama Forte, o E3 foi destaque com menores valores (50,66 e 44,82 mm, respectivamente) e médias gerais de 52,63 e 46,02 mm, respectivamente. Para o diâmetro transversal (Tabela 1), na variedade Giombo a média geral foi 52,32 mm; para a ‘Rama Forte’, o E3 não diferiu dos demais, porém o E1 e E2 diferiram entre si, com médias variando entre 60,37 e 64,93 mm. Cavalcante et al. (2007) observaram para variedade Giombo diâmetro longitudinal (DL) 61,2 mm e diâmetro transversal (DT) 56,9 mm e para ‘Rama Forte’ DL 45,7 mm e DT 57,4 mm. Sá et al. (2018), em frutos maduros de caquis, verificaram para a variedade Giombo DL 53,8 mm e DT 55,7 mm, e em caquis ‘Rama forte’ DL 46,5 mm e DT 53,1 mm. Para o mercado nacional de frutas frescas, os frutos mais pesados e de maiores tamanhos são os mais atrativos aos consumidores (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para a variável firmeza do fruto (Tabela 1), não foi observada diferença entre os estádios de maturação em nenhuma das variedades, havendo média geral de 49,76 N para a variedade Giombo e 51,30 N para a variedade Rama Forte. Seria de esperar que houvesse um amaciamento dos frutos com seu amadurecimento, como observado por Albuquerque (2018) em seu trabalho com caqui ‘Rama forte’ nos estádios verde, laranja e laranja intenso, quando obteve valores diferentes de firmeza para os três estádios de maturação (64,9; 55,7 e 44,7 N, respectivamente). Trabalhando com caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ produzidos no vale do São Francisco, Petrolina-PE, e colhidos fisiologicamente maduros, Santos et al. (2010) verificaram valores de 28,7 N para ‘Giombo’ e de 38,4 N para ‘Rama Forte’, inferiores aos observados no presente trabalho. Segundo Rombaldi (1999), a firmeza dos frutos recomendada para a comercialização do caqui deve estar acima de 20 N. A manutenção da firmeza de polpa

é um dos mais importantes atributos de qualidade, principalmente para frutos que serão armazenados e/ou destinados ao mercado externo (TESSMER, 2014).

Os dados de coloração de casca estão dispostos na Tabela 2. O comportamento para essa característica foi semelhante para as duas variedades de caqui. Na luminosidade (L), o E1 diferiu dos demais, com menores valores (55,60) para as variedades Giombo e Rama Forte (58,38). Para o Cromo (C), os maiores valores foram encontrados no E3 para Giombo (56,59) e Rama Forte (57,09). O ângulo hue (H°) foi decrescente, apresentando menor valor no E3 para ‘Giombo’ (70,47) e ‘Rama Forte’ (74,20). Para ambas as variedades, o valor de H° no E1 ficou situado no segundo quadrante (de 90° a 180°), ou seja, cor verde para amarela. Nos estádio E2 e E3, os valores ficaram no primeiro quadrante (zero a 90°), indicando variação de amarelo a vermelho. Nas duas variedades de caqui, o índice de cor (IC) da casca foi diferente para cada estádio de maturação, apresentando em ambas um valor ascendente de IC do E1 para o E3, variando de -1,90 a 6,02 para ‘Giombo’ e -1,24 a 4,48 para ‘Rama Forte’.

Tabela 2. Cor - luminosidade (L), cromaticidade (C), ângulo hue (H°) e índice de coloração (IC) da casca de caquis (*Diospyros kaki* L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil¹.

Variedade	Estádio ²	Cor da Casca			
		L	C	H°	IC
Giombo	E1	55,60 b	42,04 c	96,00 a	-1,90 c
	E2	57,88 a	48,22 b	84,85 b	1,56 b
	E3	58,95 a	56,69 a	70,47 c	6,02 a
	Média Geral	57,48	48,98	83,77	1,89
	CV (%)	1,47	3,98	2,95	40,4
Rama Forte	E1	58,38 b	45,30 b	94,14 a	-1,24 c
	E2	62,56 a	47,67 b	83,54 b	1,80 b
	E3	63,23 a	57,09 a	74,20 c	4,48 a
	Média Geral	61,39	50,02	83,96	1,68
	CV (%)	1,93	5,75	2,74	38,2

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. ² E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

As mudanças de coloração dos caquis no decorrer do amadurecimento estão relacionadas à degradação da clorofila e síntese de pigmentos carotenoides, como criptoxantina, zeaxantina e licopeno (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os dados obtidos na coloração da casca condizem com a evolução no amadurecimento dos frutos, tendo em vista que quanto mais

baixo for o IC, mais próximo será do verde; quanto mais alto, mais próximo da cor vermelha. Santos et al. (2010) observaram em caquis, colhidos fisiologicamente maduros, valores de L, C e H° de 34,03; 66,59 e 69,05 para ‘Giombo’ e 32,28; 63,35 e 72,72 para ‘Rama Forte’. Por sua vez, Albuquerque (2018), trabalhando com caquis ‘Rama Forte’ em três estádios de maturação, obteve para L e C resultados de 52,1 e 41,5 em caquis verdes, 51,4 e 43,1 no laranja e 48,9 e 42,6 no laranja intenso, respectivamente.

Para coloração da polpa (Tabela 3), a variável L, no caqui ‘Giombo’, só o E1 diferiu dos demais, apresentando maior valor, 63,88. No ‘Rama Forte’, todos os estádios diferiram significativamente, apresentando maior valor no E1 (76,62). A cromaticidade na variedade Giombo diferiu em todos os estádios, com maior valor no E3 (47,76); para a variedade Rama Forte, o E1 diferiu dos demais e apresentou menor valor (40,55). Para a variável H°, na variedade Giombo o E2 não diferiu dos E1 e E3, porém estes diferiram entre si; os valores ficaram entre 65,78 e 71,91. Na variedade Rama Forte, todos os estádios foram diferentes, com maior valor no estádio E1 (80,60). Os valores de H° para ambas as variedades, em todos os estádios, ficaram no primeiro quadrante (zero a 90°), indicando variação de cor de amarelo a vermelho. No resultado do índice de cor, o E3 da variedade Giombo se destacou com valor de 8,06, porém não demonstrou diferença significativa em relação ao E2: os estádios E1 (5,21) e E2 (7,51) foram semelhantes. Na variedade Rama Forte, os estádios E1 e E3 foram semelhantes e houve diferença significativa no estádio E2, que apresentou maior valor de índice de cor, 7,01.

Tabela 3. Cor - luminosidade (L), cromaticidade (C), ângulo hue (H°) e índice de coloração (IC) da polpa de caquis (*Diospyros kaki* L.) Giombo e Rama Forte oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil¹.

Variedade	Estádio	Cor da Polpa			
		L	C	H°	IC
Giombo	E1	63,88 a	39,64 c	71,91 a	5,21 b
	E2	55,13 b	44,62 b	67,93 ab	7,51 ab
	E3	55,95 b	47,76 a	65,78 b	8,06 a
	Média Geral	58,32	44,01	68,54	6,93
	CV (%)	7,23	4,18	4,32	20,12
Rama Forte	E1	76,62 a	40,55 b	80,60 a	2,17 b
	E2	59,71 c	46,74 a	67,76 c	7,01 a
	E3	70,06 b	47,46 a	74,40 b	4,00 b
	Média Geral	68,80	44,92	74,25	4,39
	CV (%)	5,35	6,82	3,72	28,95

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. ² E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-

semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

Os resultados obtidos para a variedade Giombo mostram pequena variação na coloração da polpa de acordo com o amadurecimento, tendo o IC variado de amarelo para amarelo um pouco mais intenso. Na variedade Rama Forte, esses resultados divergem um pouco do esperado, na medida em que o E2 apresenta valor maior, ou seja, cor amarela mais intensa comparada ao E3. Esse resultado pode ser justificado pela presença de polpas claras (frutos não fecundados) e polpas escuras com cor de chocolate (quando apresentam sementes) em todos os estádios, o que influenciou no resultado. Santos et al. (2010) observaram coloração de polpa mais intensa em caquis ‘Giombo’ ($L = 26,51$; $C = 31,04$ e $H^\circ = 77,71$) e ‘Rama Forte’ ($L = 35,35$; $C = 43,23$ e $H^\circ = 79,66$) produzidos no vale do São Francisco, Petrolina-PE, e colhidos fisiologicamente maduros. Por sua vez, Mendonça et al. (2015), analisando caquis ‘Rama Forte’ colhidos com a coloração da epiderme amarelo alaranjado, observaram valores semelhantes de cromaticidade de 52,51 e ângulo hue de 72,07.

4.2 Características físico-químicas e químicas

De maneira geral, os resultados de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (ATT), relação sólidos solúveis/ acidez titulável (SS/ATT), açúcares totais (AT) e açúcares redutores (AR) praticamente não variaram entre o estágio E1 e E2 tanto na variedade Giombo quanto na Rama Forte; embora os frutos apresentassem coloração da epiderme diferente, quimicamente apresentaram características químicas semelhantes (Tabela 4).

Para os sólidos solúveis (Tabela 4), não se observou diferença entre os três estádios de maturação: tanto para a variedade Giombo quanto para Rama Forte, a média geral foi de 20,21 e 20,72 °Brix, respectivamente. Apesar dos açúcares serem a porção de maior representatividade nos sólidos solúveis, a exatidão da medida também é afetada pela presença de outras substâncias dissolvidas no conteúdo celular, como vitaminas, compostos fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, entre outras. Dessa forma, cultivares de caqui adstringentes podem apresentar valores de sólidos solúveis superiores a cultivares não adstringentes, comportamento que pode estar relacionado à quantidade de taninos solúveis (CHITARRA; ALVES, 2001; TESSMER, 2014).

Tabela 4. Sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (ATT), relação sólidos solúveis/ acidez titulável (SS/ATT), açúcares totais (AT) e açúcares redutores (AR) em caquis (*Diospyros kaki* L.) Giombo e Rama Forte oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil¹.

Variedade	Estádio ²	Características					
		SS (°Brix)	pH	ATT (% de ácido málico)	SS/ATT	AT (g 100 g ⁻¹)	AR (g 100 g ⁻¹)
Giombo	E1	20,60 a	5,78 a	0,20 a	102,83 b	11,54 b	14,31 b
	E2	19,92 a	5,94 a	0,16 b	129,67 b	11,93 b	13,90 b
	E3	20,10 a	5,77 a	0,12 b	180,19 a	16,66 a	19,05 a
	Média Geral	20,21	5,83	0,16	137,56	13,38	15,75
	CV (%)	7,40	5,67	13,54	13,81	11,30	11,54
Rama Forte	E1	19,75 a	5,90 a	0,21 a	96,35 a	18,67 b	3,69 b
	E2	21,63 a	5,88 a	0,20 a	102,64 a	17,65 b	3,21 b
	E3	20,79 a	5,63 b	0,19 a	108,49 a	23,44 a	14,12 a
	Média Geral	20,72	5,81	0,20	102,49	19,92	7,01
	CV (%)	5,62	1,60	13,09	9,68	12,16	8,16

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade.² E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

Albuquerque (2018), trabalhando com caquis ‘Rama Forte’ colhidos com coloração da epiderme verde, laranja e laranja intenso, também não observou diferença entre os estádios de maturação, apresentando concentração média de 23,1 °Brix. Cavalcante et al. (2007) e Sá et al. (2018), estudando caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ colhidos maduros, obtiveram valores menores de sólidos solúveis (variação entre 14,9 e 18,72 °Brix). Valores mais elevados de sólidos solúveis interessam às indústrias que processam frutas em vinagre e frutas secas, pois proporcionam maior rendimento e produtos de melhor qualidade.

Para os valores de pH (Tabela 4), só houve diferença significativa no E3 da variedade Rama Forte, que apresentou menor valor (5,63). A média geral para variedade Giombo foi de 5,83. Resultados semelhantes foram observados em caquis ‘Rama Forte’ (5,59) colhidos com a coloração da epiderme amarelo-alaranjada (MENDONÇA et al., 2015). Sá et al. (2018) encontraram valores maiores para caquis ‘Giombo’ (5,90) e ‘Rama Forte’ (5,97) colhidos totalmente maduros.

Para a acidez titulável (Tabela 4), a variedade Giombo apresentou maior valor no E1 (0,20%) e as concentrações nos E2 e E3 foram semelhantes. No geral, a variação ficou entre 0,12 e 0,20% de ácido málico. Na variedade Rama forte, não foi observada diferença significativa entre os estádios e a média geral para ATT foi de 0,20% de ácido málico. Em

estádio de maturação mais avançado, comumente a acidez dos frutos é menor em virtude dos ácidos orgânicos serem utilizados como substrato respiratório ou para a conversão em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Mendonça et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes (0,22% de ácido málico) trabalhando com caquis ‘Rama Forte’ colhidos com a epiderme amarelo-alaranjada. Albuquerque (2018) observou em caquis ‘Rama Forte’ diferença significativa entre os estádios de maturação, com valores de 0,19% para frutos verdes, 0,17% para frutos laranja e 0,14% de ácido málico para frutos laranja intenso. Nascimento et al. (2017) observaram menores valores em caquis ‘Giombo’ (0,16% de ácido málico) e em ‘Rama Forte’ (0,13% de ácido málico).

Segundo González et al. (2015), o caqui é considerado um fruto de baixa acidez, apresentando em torno de 0,16% a 0,23% de ácido málico. Esse conteúdo de acidez pode ser interessante para o consumo *in natura*. Entretanto, para o desenvolvimento de produtos como compotas e geleias, em que a formação de gel é necessária, faz-se necessária a adição de ácido nas formulações, tendo em vista que o pH ideal para a preparação de geleias, por exemplo, é de cerca de 3,5 (JACKIX, 1988; CURI et al., 2017).

A relação sólidos solúveis/acidez titulável (*ratio*) (Tabela 4) na variedade Giombo foi semelhante nos E1 (102,83) e E2 (129,67) e maior no E3 (180,19). Na variedade Rama Forte, não houve diferença significativa entre os estádios de maturação e a média geral foi 102,49. Um alto valor de *ratio* é interessante para o consumo *in natura* dos frutos; os resultados obtidos para caqui ‘Giombo’ estão dentro da faixa considerada ideal (146 – 370) e para ‘Rama Forte’, o resultado foi inferior (144,9) (GARDIN et al., 2012; MARTINELLI, 2014; VARJÃO, 2018). Cavalcante et al. (2007) encontraram valores maiores de *ratio* para caquis ‘Giombo’ de 571,0 e para ‘Rama Forte’ de 182,20. Picanço (2009), analisando caquis ‘Giombo’ colhido no E1 de maturação, observou valor médio de *ratio* de 148,67.

Na determinação de açúcares totais (AT) e açúcares redutores (AR), as duas variedades de caqui apresentaram comportamento semelhante (Tabela 4). Nos E1 e E2, o conteúdo de açúcares não diferiu e no E3 o conteúdo foi superior. As variedades Giombo e Rama Forte no E3 apresentaram concentrações de AT de 16,66 e 23,44g 100 g⁻¹ e para AR de 19,05 e 14,12 g 100 g⁻¹, respectivamente. Na variedade Giombo, observa-se discrepância na relação AT e AR, onde o conteúdo de açúcares redutores é maior, o que pode ser atribuído à acurácia da metodologia empregada na de determinação de AT. Os resultados obtidos demonstram a tendência de aumento dos AR e redução da diferença AT – AR (redução do conteúdo de açúcares não redutores, dentre eles a sacarose) com o avanço da maturação. Esse declínio da

sacarose pode ser atribuído à atividade da invertase, que está envolvida na hidrólise da sacarose em glicose e frutose (DEL BUBBA et al., 2009).

Picanço (2009) observou, para AT em caquis ‘Giombo’ colhidos em quatro estádios de maturação, variação de 10,67 a 22,00g 100 g⁻¹ e para AR 11,67 a 14,67g 100 g⁻¹. Esses valores corroboram os encontrados neste trabalho. Mendonça (2016), avaliando caquis ‘Kioto’, encontrou concentração de AR 17,56 g 100 g⁻¹. Veberic et al. (2010), analisando 11 variedades de caquis colhidos totalmente maduros, observaram que os principais açúcares presente nos frutos são glicose (4,78 a 8,79 g 100 g⁻¹), seguido de frutose (3,80 a 7,78 g 100 g⁻¹) e sacarose (0,91 a 1,22 g 100 g⁻¹). O conteúdo de AT variou de 10,6 a 17,8 g de glicose 100 g⁻¹ de polpa.

A atividade das enzimas pectina metil-esterase (PME) e poligalacturonase (PG) pode ser observada na Figura 3.

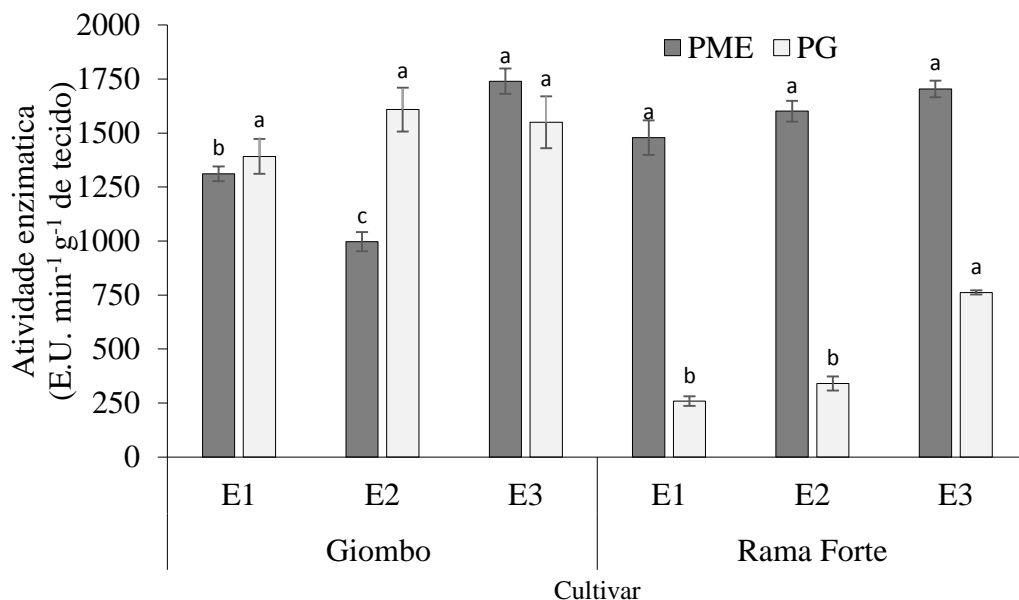


Figura 3. Atividade da pectina metil-esterase (PME) e da poligalacturonase (PG) em caquis (*Diospyros kaki* L.) Giombo e Rama Forte oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. Barras de erros indicam o erro padrão da média de 5 repetições. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

Para a PME na variedade de caqui Giombo, houve diferença significativa entre os três estádios de maturação, com a maior atividade no E3 (1739,95 U.E. min⁻¹g⁻¹). Já na variedade Rama Forte, não foi observada diferença entre os estádios de maturação e a média geral foi 1594,08 U.E. min⁻¹g⁻¹. Para PG, não foi observada diferença significativa na atividade entre os

três estádios de maturação do caqui ‘Giombo’, e a média geral foi de 1516,6 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$. Na variedade Rama Forte, não foi observada diferença significativa entre os E1 e E2, contudo no E3 (761,75 U.E. $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$) a atividade da PG foi duas vezes maior que no E1 e E2.

A atividade da enzima PME precede e facilita a ação da PG, desmetilando o C6 de cada unidade de protopectina, possibilitando o reconhecimento pela PG, que, por sua vez, catalisa a hidrólise das ligações β -1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina, culminando com o aumento da maciez do fruto (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992; BICALHO et al., 2000; MANRIQUE; LAJOLO, 2004). Embora tenha sido observada atividade enzimática nesse trabalho, ela não foi suficiente para desencadear efeito sobre a firmeza de ambas as variedades, já que não houve diferença significativa na firmeza entre os estádios de maturação. Moraes (2012) observou que a atividade da PME em caquis ‘Giombo’ se elevou dias antes da elevação da atividade da PG, durante o armazenamento.

Moraes et al. (2012), trabalhando com caquis Giombo colhidos com aproximadamente 50% da coloração da casca verde, observaram valores semelhantes de atividade da PME de 1339,8 UE $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de tecido fresco e diferente para PG de 211,5 UE $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$. Por sua vez, Mendonça (2016), trabalhando com caquis ‘Kioto’, encontrou valores superiores para atividade da PME de 2610,9 UE $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ e para PG 1416,28 UE $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ tecido.

Os resultados para Vitamina C (Vit. C), polifenóis extraíveis totais (PET), carotenoides totais (CT), betacaroteno (BC) e índice de adstringência (IA) nos caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ estão dispostos na Tabela 5.

As variedades de caquis se comportaram de maneira distinta quanto ao conteúdo de vitamina C. Na variedade Giombo, os estádios E1 e E2 (22,40 e 23,51 mg 100 g^{-1} , respectivamente) apresentaram conteúdo de Vit. C semelhante ou inferior ao E3 (36,76 mg 100 g^{-1}). Na variedade Rama Forte, também houve diferença entre o E3 e os demais, porém nessa variedade o E3 apresentou o menor valor (16,98 mg 100 g^{-1}), cerca de 50% menor. Del Bubba et al. (2009), analisando caquis ‘Kaki Tipo’ e ‘Rojo Brillante’, constataram comportamento semelhante ao apresentado pela variedade Rama Forte, havendo decréscimo do conteúdo de vitamina C com o avanço da maturação. Para ambas as variedades, independentemente do estágio de maturação, o conteúdo em todos os estádios foi inferior ao recomendado pela legislação brasileira para ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para um adulto, 60 mg (BRASIL, 1998).

Tabela 5. Vitamina C (Vit. C), polifenóis extraíveis totais (PET), taninos solúveis (TS), carotenoides totais (CT), betacaroteno (BC), índice de adstringência (IA) em caquis (*Diospyros kaki* L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil¹.

Variedade	Estádio ²	Características					
		Vit. C (mg 100 g ⁻¹)	PET (mg de GAE 100 g ⁻¹)	TS (mg 100 g ⁻¹)	CT (mg 100 g ⁻¹)	BC (mg 100 g ⁻¹)	IA
Giombo	E1	22,40 b	588,30 a	633,21 a	0,31 b	0,033 b	3,53 a
	E2	23,51 b	363,50 a	356,56 b	0,49 b	0,024 b	2,13 a
	E3	36,76 a	38,60 b	63,30 c	1,54 a	0,142 a	1,00 b
	Média Geral	27,56	330,13	351,03	0,78	0,066	2,22
	CV (%)	17,39	63,06	21,28	24,62	108,26	39,81
Rama Forte	E1	32,60 a	832,12 ab	1166,24 a	0,30 a	0,031 b	3,60 a
	E2	37,12 a	953,39 a	1122,24 a	0,17 b	0,050 a	4,20 a
	E3	16,98 b	465,40 b	517,99 b	0,41 a	0,100 a	2,33 b
	Média Geral	28,90	750,31	935,49	0,29	0,060	3,38
	CV (%)	42,85	35,50	20,14	24,33	36,10	19,75

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. ²E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2-semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

Cavalcante et al. (2007), trabalhando com cinco variedades de caqui colhidos maduros, observaram conteúdo de vitamina C para ‘Giombo’ (78,03 mg 100 g⁻¹) e ‘Rama Forte’ (93,64 mg 100 g⁻¹) superior ao observado neste trabalho. Mendonça (2016) encontrou para caqui ‘Kioto’ conteúdo de vit. C de 56,70 mg 100 g⁻¹.

Para os polifenóis extraíveis totais (PET) (Tabela 5), a variedade Giombo apresentou, no E3, menor conteúdo em relação aos estádios E1 e E2. A redução no conteúdo de PET foi bastante significativa com o aumento da maturação. O conteúdo de PET no E3 (38,60 mg de GAE 100 g⁻¹) foi cerca de 12 vezes menor em relação aos E1 e E2. Na variedade Rama Forte, o E2 (953,39 mg de GAE 100 g⁻¹) se destacou com maior conteúdo de PET, porém sem diferença significativa em relação ao E1 (832,12 mg de GAE 100 g⁻¹), os estádios E2 e E3 (465,40 mg de GAE 100 g⁻¹) foram semelhantes. A diminuição dos compostos fenólicos pode ser atribuída a uma série de alterações bioquímicas e enzimáticas de determinados fenóis durante o processo de amadurecimento, incluindo hidrólises de glicosídeos por glicosidases, oxidação de fenóis por fenoloxidasas e polimerização de fenóis livres (ROBARDS et al., 1999).

Ancillotti et al. (2019) observaram em caquis ‘Rojo Brillhante’ e ‘Kaki Tipo’ colhidos no ponto de colheita comercial conteúdo de 51,1 e 41,7 mg de GAE 100 g⁻¹, respectivamente. Ainda segundo os autores, esses dados indicaram a presença de um efeito genotípico na composição quantitativa de polifenóis de frutos frescos adstringentes de caquis ‘Rojo Brillhante’ e ‘Kaki Tipo’. Rufino et al. (2010), avaliando dezoito espécies frutíferas brasileiras não tradicionais, observaram que os frutos ricos em PET foram camu-camu (1176 mg GAE 100 g⁻¹), acerola (1063 mg GAE 100 g⁻¹) e puçá-preto (868 mg GAE 100 g⁻¹). Os frutos de caqui da variedade Rama Forte apresentaram conteúdo de PET semelhante ao descrito nos estádios verde e semimaduro, porém a variedade Giombo apresentou conteúdo de PET inferior.

O conteúdo de taninos solúveis (TS) (Tabela 5) na variedade Giombo foi decrescente na medida em que a maturação avançava, apresentando menor conteúdo no E3 (63,30 mg 100 g⁻¹). Para a variedade Rama Forte, o E3 também apresentou o menor conteúdo de TS (517,99 mg 100 g⁻¹), E1 e E2 não diferiam entre si. A diminuição no conteúdo de TS ocorre porque as moléculas de tanino são polimerizadas durante o processo de amadurecimento, tornando-se insolúveis e, conseqüentemente, impossíveis de reagir com as enzimas presentes na saliva (BRECHT et al., 2010; CHITARRA; CHITARRA, 2005). De acordo com Vidrih et al. (1994), a adstringência do caqui deixa de ser percebida e os frutos tornam-se comestíveis quando a concentração de taninos solúveis é inferior a 0,1%.

Santos et al. (2010) observaram para caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ colhidos fisiologicamente maduros conteúdo maior de TS, com médias de 1320 e 1180 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Valores de TS superiores aos encontrados neste trabalho para variedade Giombo foram relatados por Tessmer et al. (2016). Em sete estádios de maturação, a variação do E1 ao E7 foi de 1870,0 para 480,0 mg 100 g⁻¹, porém estes resultados demonstraram a mesma tendência de redução no teor de TS com o avanço do estágio de maturação. Del Bubba et al. (2009), estudando caquis adstringentes ‘Kaki Tipo’ e ‘Rojo Brillhante’ durante o crescimento e amadurecimento, observaram que na fase inicial há incremento do conteúdo de TS, indicando que esse estágio de crescimento coincidiu com uma forte síntese de proantocianidinas, seguido de uma fase constante e posterior decréscimo, alcançando valores em frutos menos firmes entre 200 e 300 mg 100 g⁻¹.

O declínio dos TS na fase final da maturação pode ser atribuído à transformação de taninos solúveis em sua forma insolúvel. De fato, de acordo com a natureza adstringente das cultivares investigadas, o processo de insolubilização apresenta influência significativa somente em frutos maduros que se tornam comestíveis somente após o amadurecimento natural (TAIRA; ONO, 1996). Os frutos ‘Rojo Brillhante’ mostraram concentração maior de taninos

solúveis em comparação com ‘Kaki Tipo’, evidenciando uma influência significativa da variedade para este parâmetro (DEL BUBBA et al., 2009).

Nos caquis ‘Giombo’, o conteúdo de carotenoides totais (CT) (Tabela 5) foi semelhante nos estádios E1 e E2, e maior no E3 (1,54 mg 100 g⁻¹). Na variedade Rama Forte, o conteúdo de CT nos estádios E1 e E3 foram semelhantes e maiores (0,30 e 0,41 mg 100 g⁻¹, respectivamente) que o E2 (0,17 mg 100 g⁻¹). Na determinação de betacaroteno na variedade ‘Giombo’, os estádios E1 e E2 foram semelhantes e apresentaram menor conteúdo (0,033 e 0,024 mg 100 g⁻¹, respectivamente) que o estágio E3 (0,142 mg 100 g⁻¹). Nos caquis ‘Rama Forte’ o E1 apresentou o menor conteúdo de BC (0,031 mg 100 g⁻¹), os E2 e E3 foram semelhantes com 0,050 e 0,100 mg 100 g⁻¹, respectivamente. As modificações na coloração dos frutos durante o amadurecimento estão relacionadas à degradação da clorofila e ao aumento do conteúdo de pigmentos carotenoides (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Veberic et al. (2010) analisando 11 variedades de caquis colhidos totalmente maduros mencionou conteúdos menores, tanto para CT, que variaram entre 0,049 e 0,094 mg 100 g⁻¹, quanto para BC que variaram entre 0,026 e 0,047 mg 100 g⁻¹. Essa variação pode ser atribuída a variabilidade genética, sendo que se tratam de diferentes variedades de caqui. Zhou et al. (2011) determinando o conteúdo de carotenoides em diferentes variedades de caqui, verificaram comportamento semelhante ao observado neste estudo, trabalhando com três estádios de maturação da variedade adstringente Yueshi, onde foi observado o aumento no conteúdo de carotenoides totais do estágio verde para o maturo mole. No período de maturação verde, o teor de carotenoides totais era apenas 0,083 mg 100 g⁻¹, no semimaduro e maduro ocorreram 0,284 mg 100 g⁻¹ e 0,492 mg 100 g⁻¹, respectivamente.

Na determinação do índice de adstringência (Tabela 5), o comportamento das duas variedades foi semelhante, os estádios E1 e E2 não diferiram e apresentaram menor valor que o E3. O valores para ‘Giombo’ foram 3,53; 2,13 e 1,00 e para ‘Rama Forte’ foram 3,60; 4,20 e 2,33 para os estádios E1, E2 e E3, respectivamente. O índice de adstringência representa através de uma escala qualitativa, o conteúdo de taninos solúveis e está diretamente relacionado a adstringência do fruto. O estágio maduro para ambas as variedades apresentou menor valor de índice de adstringência, no entanto, caquis ‘Rama Forte’ se mantiveram mais adstringentes mesmo no E3, este resultado de redução da adstringência corrobora com o comportamento reportado por Campo-Dall’Orto et al. (1996) para caquis ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’.

Para atividade antioxidante total (AAT) (Figura 4) pelo método ABTS, na variedade Giombo, não houve diferença significativa entre os E1 e E2. O estágio maduro diferiu apresentando menor valor (3,09 µM Trolox g de polpa⁻¹). Pelo método DPPH para a variedade

Giombo, não houve diferença significativa entre o E2 e os demais, entretanto os E1 e E3 diferiram entre si, apresentando conteúdo médio de 17921,67 g de polpa g de DPPH⁻¹(37,59% sequestro do radical DPPH). Ambos os métodos sugerem uma redução da capacidade antioxidante no E3 para variedade Giombo, este resultado pode ser relacionado com uma maior redução no conteúdo de polifenóis extraíveis totais e taninos solúveis neste estágio.

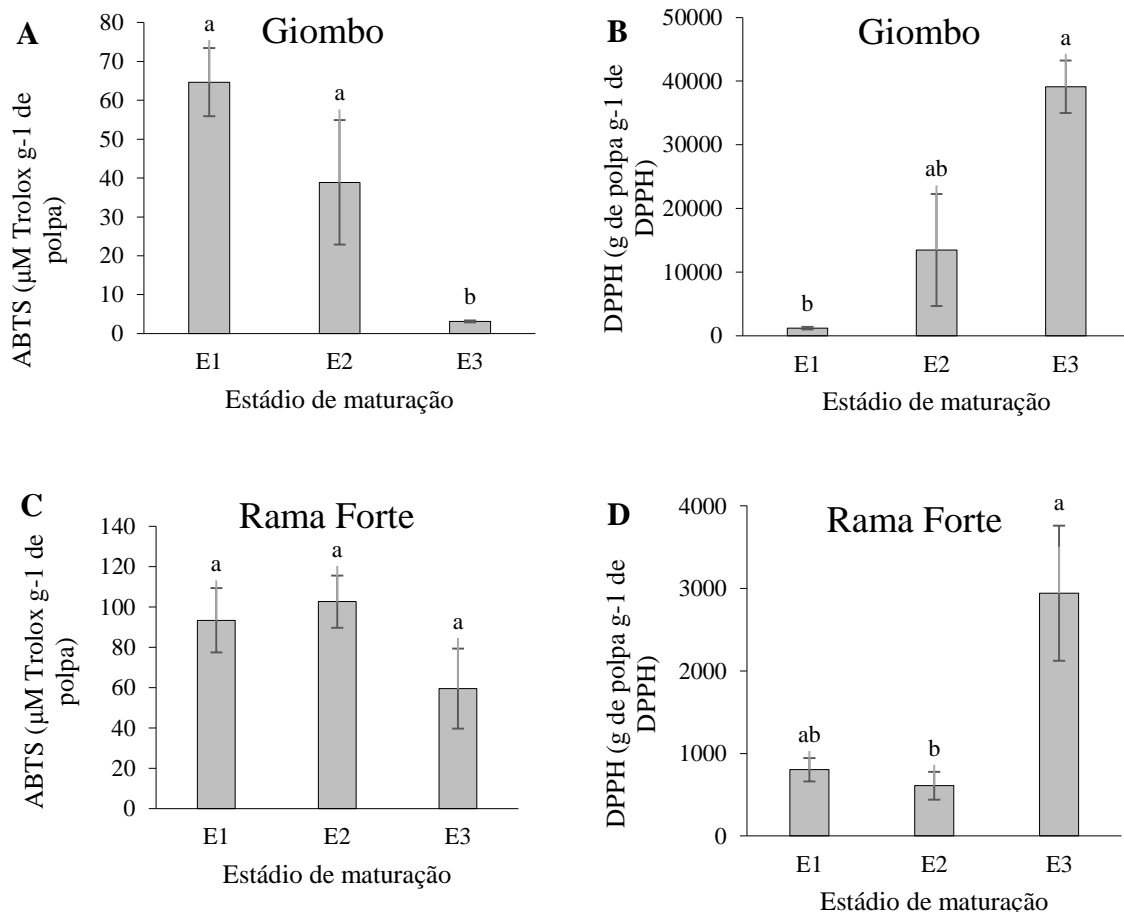


Figura 4. Atividade antioxidante total (AAT) pelo método ABTS (A e C) e DPPH (B e D) em caquis (*Diospyros kaki* L.) ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ oriundos do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. Barras de erros indicam o erro padrão da média de 5 repetições. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. E1-verde: em torno de 90% da coloração da casca verde; E2- semimaduro: 50% da coloração da casca verde e E3-maduro: em torno de 80% coloração da casca amarela.

Na variedade Rama Forte, não houve diferença significativa na atividade antioxidante pelo método ABTS, com conteúdo médio de 85,19 $\mu\text{M Trolox g}$ de polpa⁻¹ (Figura 4). Pelo método do DPPH, esta mesma variedade apresentou diferença na AAT entre o E2 e E3. O E1 não diferiu dos demais, e a média geral foi de 1451,87 g de polpa g de DPPH⁻¹(81,85% sequestro do radical DPPH). A variedade Rama Forte apresentou menor oscilação na AAT entre

os estádios de maturação, resultado semelhante ao observado nas determinações de PET, TS e IA.

Park et al. (2006) observaram elevada correlação entre o conteúdo de compostos polifenólicos encontrados em extratos de caqui (*Diospyros kaky* L. var. Triumph) e a porcentagem de inibição da oxidação por meio do teste de captura de radicais livres DPPH, o que pode explicar a redução da AAT nos caquis do presente trabalho

Tessmer (2014), caracterizando frutos adstringentes em sete estádios de maturação, menciona a relação entre a capacidade antioxidante em caquis e a perda natural da adstringência, visto que os valores decrescem ao longo do tempo. Tessmer (2014) encontrou para AAT (% sequestro de DPPH) em caquis ‘Giombo’ uma variação no E1 de 95,86% e 81,19% no E7 de maturação, ao passo que para ‘Rojo Brillante’ foram 92,46% e 12,60%, concentrações superiores aos encontrados neste trabalho para variedade Giombo. Rufino et al. (2010), analisando compostos bioativos e atividade antioxidante de 18 frutas tropicais não tradicionais pelo método de ABTS, obtiveram correlações positivas e significativas entre o conteúdo de vitamina C e o conteúdo de polifenóis extraíveis totais.

5 CONCLUSÃO

Frutos de caqui das variedades Giombo e Rama Forte em todos os estádios de maturação apresentaram características de firmeza que possibilitam boas condições para o transporte e comercialização.

No estágio maduro, ambas as variedades representam boas fontes de sólidos solúveis, açúcares, carotenoides totais e betacaroteno.

As variedades de caqui apresentaram nos estádios verde e semimaduro maior atividade antioxidante, porém o elevado índice de adstringência dos frutos neste estágio os torna inapropriados ao consumo *in natura*, sem prévio tratamento para remoção da adstringência.

Para as variedades de caqui Giombo e Rama Forte, o estágio maduro apresentou melhores características físico-químicas de qualidade para colheita e comercialização.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. G. **Estádio de maturação para a colheita, métodos para a remoção da adstringência e uso de coberturas pós-colheita para caquis produzidos no Vale do São Francisco**. 2018. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, 2018.
- ANCILLOTTI, C. et al. Phenolic compounds in Rojo Brillante and Kaki Tipo persimmons at commercial harvest and in response to CO₂ and ethylene treatments for astringency removal. **LWT – Food Science and Technology**, v. 100, p. 99-105, 2019.
- BICALHO, U. O. et al. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 136-146, 2000.
- BRACKMANN, A. A produção, o consumo e a qualidade do caqui no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 1 2003.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.-The quantitative analysis of phenolic constituents. **Lebensm Wiss Technology**, Oxford, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Portaria SVS/MS nº 33, de 13 de janeiro de 1998. **Tabelas de Ingestão Diária Recomendada (IDR)**. Diário Oficial da União de 16 de janeiro de 1998.
- BRECHT, J. K. et al. Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- BUENO, S. C. S.; PIO, R.; WIECHMANN, C. J. S. Cultivo do caquizeiro. In: PIO, R. (Ed.). **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: Editora UFLA, 2014. p. 251-295.
- CAMPO-DALL'ORTO, F. A. et al. Novo processo de avaliação da adstringência dos frutos no melhoramento do caquizeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 237-243, 1996.
- CAVALCANTE, I. H. L. et al. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados en la planta o en post cosecha. **Revista de Biología e Ciências da Terra**, São Cristóvão, SE, v. 7, n. 2, 2007.
- CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. Métodos de conservación. In: **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992.
- CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia de pós-colheita para frutos tropicais**. Fortaleza: Instituto Frutal, Sindifruta, 2001.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- COELHO, A. H. R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 31-39, 1994.

CRISOSTO, C. H.; MITCHAM, E. J.; KADER, A. A. **Recommendations for maintaining postharvest quality of horticultural commodities**. Davis: University of California, 1999.

CURI, P. N. et al. Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 2, p. 1205-1220, 2017.

DEL BUBBA, M. et al. Changes in tannins, ascorbic acid and sugar content in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22, n. 7-8, p. 668-677, 2009.

DNOCS (Brasil). Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. **Perímetro irrigado Tabuleiro de Russas**. Disponível em:

<http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/tabuleiro_de_russas.html> Acesso em: 02 fev 2019.

DOMINGUES, M. C. S.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Indução do amadurecimento de frutos cítricos em pós-colheita com a aplicação de ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 555-558, 2001.

EDAGI, F. K. et al. A. Remoção da adstringência de caquis ‘Giombo’ com subdosagens de etanol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2022-2028, 2009.

EDAGI, F. K.; KLUGE, R. A. Remoção de adstringência de caqui: um enfoque bioquímico, fisiológico e tecnológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 585-594, 2009.

FACHINELLO, J. C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. especial, p. 109-120, 2011.

FAO. **Production quantities of persimmons by country**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

FENEMMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fenemma**. 4ª Ed. Porto Alegre: ArtMed, 2010.

FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, M. C. Cultura do caquizeiro no Brasil e no Rio Grande do Sul. Situação, potencialidade e entraves para o seu desenvolvimento. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 4, 2007.

FONSECA, H. As frutas para geléias. **Revista Brasileira de Bebidas e Alimentos**, v. 6, n. 73, p. 18-19, 1973.

GARDIN, J. P. P. et al. Qualidade de caqui ‘Rama forte’ após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-MCP e/ou CO₂. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1043-1050, 2012.

GONZÁLEZ, E. et al. Physicochemical Characterization of Pure Persimmon Juice: Nutritional Quality and Food Acceptability. **Journal Food Science**, Chicago, v. 80, p. 532-539, 2015.

HASSANPOUR, S. et al. **Plants and secondary metabolites (Tannins): A review.** Int. J. Forest, Soil and Erosion. East Azerbaijan Province, v. 1, p. 47-53, 2011.

HERTOG, M. G. L. et al. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. **The lancet**, v. 342, n. 8878, p. 1007-1011, 1993.

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.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>.

Acesso em: 02 de fev. 2019.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 08 de maio 2019.

ITAMURA, H.; OHNO, Y.; YAMAMURA, H. Characteristics of fruit softening in Japanese persimmon 'Saijo'. **Acta Horticulture**, Leuven.The Hague, n. 436, p. 179-188, 1997.

JACKIX, M. H. **Doces, geleias e frutas em calda.** SãoPaulo: Ícone, 1988.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, jul./ ago. 1984.

JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUIRELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. Determination of a color index for citrus fruit degreening. **Proceeding International Society of Citriculture**, Riverside, v. 2, p. 750-753, 1981.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado.** Pelotas: Editora UFPEL, 1997.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** com um estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KRAMMES, J. G.; ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J. Controle da maturação e conservação da qualidade pós-colheita de caqui 'Fuyu' pelo manejo do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 27, n. 3, 2005.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, 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.

LOPES, J. F. Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 61-64, 1982.

LOPES, P. R. C. et al. Cultivo do caqui no Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido-Circular Técnica 107**. Petrolina, 2014.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. M. Produção de frutas de clima temperado no semiárido brasileiro. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO POTENCIAL E DESAFIOS DA FRUTICULTURA NO VALE, 2010, Petrolina. Seminário. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 33, p. 11-26, 2004.

MARTINELLI, M. **Estudo de uma nova opção de embalagem para transporte e comercialização de caquis (*Diospyrus kaki*, L.) cv. Mikado e Rama-Forte**. 2014. 177f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

MARTINS, F. P.; PEREIRA, F. M. **Cultura do caqui**. Jaboticabal: FUNEP, 1989.

MENDONÇA, V. Z. de et al. Aspectos físico-químicos e bioquímicos durante o armazenamento refrigerado do caqui em atmosfera modificada passiva. **Nativa**, Sinop, p. 16-21, 2015.

MENDONÇA, V. Z. **Métodos físicos na conservação de caqui cv. Kioto in natura e minimamente processado**. 2016. 125f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2016.

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

MINOLTA CORP. **Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation**. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007.

MONTEIRO, M. F. **Técnicas de remoção da adstringência e refrigeração de caqui ‘Giombo’**. 2011. 75f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

MORAES, M. R. **Atmosfera modificada e aplicação de cloreto de cálcio em caqui ‘Giombo’**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2012.

MOURA, M. F.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J. Caqui. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. (org.). **Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7.^a Ed. Rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruits. **Nippon Shokuhin Kogyo GaKKaishi**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

- NAKANO, R. et al. Ethylene biosynthesis in detached young persimmon fruit is initiated in calyx and modulated by water loss from the fruit. **Plant Physiology**, Rockville, v. 131, p. 276-286, 2003.
- NASCIMENTO, L. M. et al. Physical and chemical characteristics and productivity of persimmons (*Diospyros kaki* L.) cultivated in the Brazilian savannah. **Australian Journal of Crop Science**, Riverhills, v. 11, n. 2, p. 234, 2017.
- OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 74, n. 2, p. 209-215, 1997.
- PARK, Y. et al. Drying of persimmons (*Diospyros kaki* L.) and the following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. **LWT-Food Science and Technology**, v. 39, n. 7, p. 748-755, 2006.
- PICANÇO, N. F. M. **Qualidade de caqui armazenado sob refrigeração: estádios de maturação, destanização e irradiação ionizante**. 2009. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2009.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, L. C. **Qualidade pós-colheita do fruto caqui (*DIOSPYRUS KAKI* L.), CV. FUYU, produzido em Porto Amazonas – Pr**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2008.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Two forms of polygalacturonase in tomatoes. **Biochimica Et Biophysica Acta**, v. 309, n. 2, p. 363-369, 1973.
- RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, Los Angeles, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.
- ROBARDS, K. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food chemistry**, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.
- ROCHA, W. S. et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do Cerrado. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.
- ROMBALDI, C. V. Armazenamento de caqui. **Jornal da Fruta**, Lages, n. 232, p. 3, 1999.
- RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.
- RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺. **Comunicado Técnico 128** Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4p.
- SÁ, N. S. et al. Caracterização pós-colheita de variedade de caqui produzidas no Cerrado de Goiás. **Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 42, p. 324-327, 2018.
- SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, Davis, v. 76, p. 270-276, 1998.

SANTOS, A. C. B. et al. Destanização de caquis Giombo e Rama forte por exposição a vapores de álcool etílico. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21, 2010, Natal. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade: anais. Natal: SBF, 2010.

SARGENT, S. A.; CROCKER, T. E.; ZOELLNER, J. Storage characteristics ‘Fuyu’ persimmons. **Proceedings of the Florida State Society for Horticultural Science**, Tallahassee, v. 106, p. 131-134, 1993.

SHIMIZU, M. K. et al. Avaliação do efeito de diferentes concentrações de álcool na destanização e amadurecimento de caqui. **Agronomia**, Seropédica, v. 36, n. 1/2, p. 11-16, 2002.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

SUGIURA, A. et al. Changes of ethanol and acetaldehyde contents in Japanese persimmon fruits and their relation to natural deastringency. **Studies from the Institute of Horticulture Kyoto University**, Kyoto, v. 9, p. 41-47, 1979.

TACO - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. Universidade Estadual de Campinas- USP. Campinas, ed. 4, 2011. Disponível em: <http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2019.

TAIRA, S.; ONO, M. Reduction of astringency in persimmon caused by adhesion of tannins to cell wall fragments. In: **I International Persimmon Symposium** 436. 1996. p. 235-242.

TAYLOR, J. E. Exotics. In: SEYMOUR, G. B. et al. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p.151-186.

TERRA, F. A. M. et al. Aplicação do 1-metilciclopropeno e sua influência no processo de remoção da adstringência com etanol em caqui ‘Giombo’ refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 210-216, 2014.

TESSMER, M. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; KLUGE, R. A. Astringency in ‘Giombo’ persimmon and its relationship with the harvest time. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, p. 646-652, 2016.

TESSMER, M. A. **Estudos anatômicos e fisiológicos de frutos de caqui (Diospyros kaki L.) quanto ao acúmulo de taninos e aos processos de destanização**. 2014. 113f. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2014.

VARJÃO, L. L. **Métodos para remoção da adstringência e manutenção da qualidade pós-colheita de caquis produzidos no Vale do São Francisco**. 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Horticultura Irrigada) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro. 2018.

VEBERIC, R. et al. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 119, p. 477-483, 2010.

VIDRHI, R. et al. Astringency removal by high CO₂ treatment in persimmon fruit (*Diospyros kaki*). **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 368, p. 652- 656, 1994.

VITTI, D. C. C. **Destanização e armazenamento refrigerado de caqui ‘Rama Forte’ em função da época de colheita**. 2009. 123f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

WANG, X. et al. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Bmj**, v. 349, p. 44-90, 2014.

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.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (cods.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

ZHOU, C. et al. Carotenoids in Fruits of Different Persimmon Cultivars. **Molecules**, v. 16, n. 1, p. 624-636, 2011.