

Fenologia, produção e características químicas  
dos frutos de acessos de umbuzeiro (*Spondias  
tuberosa* Arruda) em Petrolina, PE



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Semiárido  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
145**

Fenologia, produção e características químicas  
dos frutos de acessos de umbuzeiro (*Spondias  
tuberosa* Arruda) em Petrolina, PE

*Saulo de Tarso Aidar  
Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves  
Maria Auxiliadora Coêlho de Lima  
Francisco Pinheiro de Araújo*

**Embrapa Semiárido**  
Petrolina, PE  
2021

Esta publicação está disponibilizada no endereço:  
<http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>  
Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

**Embrapa Semiárido**  
BR 428, km 152, Zona Rural  
Caixa Postal 23  
CEP 56302-970, Petrolina, PE  
Fone: (87) 3866-3600  
Fax: (87) 3866-3815

Comitê Local de Publicações

Presidente  
*Flávio de França Souza*

Secretária-Executiva  
*Juliana Martins Ribeiro*

Membros  
*Clarice Monteiro Rocha, Daniel Nogueira  
Maia, Geraldo Milanez de Resende, Gislene  
Feitosa Brito Gama, José Maria Pinto, Magnus  
Dall'Igna Deon, Paula Tereza de Souza e Silva,  
Pedro Martins Ribeiro Júnior, Rafaela Priscila  
Antônio, Rita Mércia Estigarribia Borges, Sidinei  
Anunciação Silva.*

Supervisão editorial  
*Sidinei Anunciação Silva*

Revisão de texto  
*Sidinei Anunciação Silva*

Normalização bibliográfica  
*Sidinei Anunciação Silva (CRB-4/1721)*

Tratamento das ilustrações  
*Sidinei Anunciação Silva*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Sidinei Anunciação Silva*

Foto da capa  
*Saulo de Tarso Aidar*

**1ª edição: 2021**

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Semiárido

Fenologia, produção e características químicas dos frutos de acessos de umbuzei-  
ro (*Spondias tuberosa* Arruda) em Petrolina, PE / Saulo de Tarso Aidar... [et al.]. --  
Petrolina : Embrapa Semiárido, 2021.

38 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Semiárido, ISSN  
1808-9968; 145).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

1. Planta da Caatinga. 2. Fisiologia vegetal. 3. Banco Ativo de Germoplasma. 4.  
Recurso genético. I. Aidar, Saulo de Tarso. II. Chaves, Agnaldo Rodrigues de Melo.  
III. Lima, Maria Auxiliadora Coelho de. IV. Araújo, Francisco Pinheiro de. V. Título.  
VI. Série.

CDD 634.44

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	11
Conclusões.....	33
Referências .....	34

## Fenologia, produção e características químicas dos frutos de acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) em Petrolina, PE

Saulo de Tarso Aidar<sup>1</sup>

Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves<sup>2</sup>

Maria Auxiliadora Coêlho de Lima<sup>3</sup>

Francisco Pinheiro de Araújo<sup>4</sup>

**Resumo** — O objetivo deste estudo foi caracterizar a fenologia, a produção e os teores de compostos químicos associados à qualidade de frutos de acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, sob condição de dependência de chuva. As avaliações foram realizadas nas safras 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015, caracterizadas por índices de precipitação pluviométrica abaixo da média histórica. Eventos de floração foram registrados de setembro a janeiro. O enfolhamento ocorreu em resposta às primeiras chuvas dentro de cada ano-safra. A produção concentrou-se nos meses de março a abril. Os acessos BGU 37, BGU 48, BGU 52 e BGU 55 apresentaram maior potencial para a produção de frutos, com características de qualidade química de polpa diferenciadas quanto ao teor de sólidos solúveis (SS) (entre 11,7% e 12,9%), com destaque para maior teor de açúcares redutores (AR) no BGU 55 (6,5 g.100 g<sup>-1</sup>), e teor de pectinas (PECT) nos acessos BGU 37 e BGU 48 (0,30 g.100 g<sup>-1</sup> e 0,29 g.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente). Na média das três safras, os acessos BGU 48 e BGU 68 apresentaram maior massa de frutos (57 g a 61 g), enquanto os acessos BGU 30, BGU 37 e BGU 52 apresentaram maior potencial para a produção total (4,4 a 5,4 kg/planta/ano).

**Termos para indexação:** *Spondias tuberosa*, recursos genéticos, caracterização de acessos.

---

<sup>1</sup> Biólogo, D.Sc. em Fisiologia Bioquímica de Plantas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

<sup>3</sup> Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Horticultura, analista aposentado da da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

## Phenology, production and contents of chemical compounds associated with fruit quality of accessions of umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) in Petrolina, PE

**Abstract** — The objective of this study was to characterize the phenology, production and contents of chemical compounds associated with fruit quality of accessions of umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) under rainfed condition at Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco. The evaluations were carried out in the growing seasons 2012-2013, 2013-2014 and 2014-2015, which were characterized by rainfall levels below the historical average. Flowering events were recorded from September to January in each growing season. Leafing occurred in response to the first rains within each growing season. Production was concentrated from March to April. The accessions BGU 37, BGU 48, BGU 52 and BGU 55 showed greater potential for fruit production with differentiated flesh quality traits containing soluble solids (SS) in the range between 11.7% and 12.9%, with emphasis on higher content of reducing sugars (RS) in BGU 55 ( $6.5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), and pectin content (PECT) in the accessions BGU 37 and BGU 48 ( $0.30 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  and  $0.29 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , respectively). According to the average observed for all three growing seasons, the accessions BGU 48 and BGU 68 had the highest fruit mass (57 to 61 g), while the accessions BGU 30, BGU 37 and BGU 52 had the greatest potential for yield (4.4 to 5.4 kg/plant/year).

**Index terms:** *Spondias tuberosa*, genetic resources, characterization of accessions.

## Introdução

---

O umbuzeiro, *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (Anacardiaceae), é uma espécie frutífera nativa e endêmica da Caatinga (Cavalcanti et al., 2008a). Seus frutos são consumidos pela população local devido às características nutritivas, ao sabor e à suculência, quando maduros (Lima; Silva, 2016). A capacidade de se desenvolver e produzir quantidades consideráveis de frutos em condições de sequeiro ou dependência de chuva na área geográfica mais seca do país permite sua exploração extrativista. Além do aproveitamento econômico dos frutos como fonte complementar de renda das comunidades rurais em municípios do Semiárido, a espécie apresenta diversas funções ecológicas em seu ambiente natural, incluindo abrigo e fonte de alimentos para uma ampla variedade de táxons da fauna silvestre e doméstica (Drumond et al., 2016).

No entanto, diferentes causas têm contribuído para a diminuição de áreas preservadas com umbuzeiro no bioma Caatinga (Queiroz et al., 1993; Mertens et al., 2016). Alguns estudos sugerem que *S. tuberosa* apresenta reduzida capacidade de regeneração, o que, conseqüentemente, pode levar à diminuição das populações naturais e ao perigo de extinção da espécie (Albuquerque, 1999; Mertens et al., 2016). Desta forma, a demanda por formas sustentáveis de manejo para a continuidade do aproveitamento da espécie é crescente. Diante deste cenário, a formação de unidades de produção com o plantio de mudas de acessos com características superiores e estáveis constitui uma das recomendações para assegurar a oferta de frutos no futuro e diminuir a pressão do extrativismo sobre as populações naturais da espécie (Araújo et al., 2006, 2016).

A Embrapa Semiárido possui um Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU) com ampla variabilidade genética (Santos et al., 1999, 2008), constatada, por exemplo, pela presença de acessos que produzem frutos de 4 g a 85 g, aproximadamente, e com diferentes sabores. Está formado por 80 acessos, representantes de todas as unidades de paisagem do Semiárido nordestino, conforme o *Zoneamento agroecológico do Nordeste* (Silva et al., 1993). Para melhor exploração do potencial deste BGU, estudos sobre fenologia, produção e qualidade dos frutos dos seus acessos são fundamentais para a identificação de acessos promissores, visando à formação

de unidades produtivas com maior potencial de geração de renda, a partir de melhor inserção no mercado.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a fenologia, a produção de frutos e os teores de compostos químicos associados à qualidade dos frutos de acessos de umbuzeiro para a identificação dos mais promissores para a formação de pomares nas condições climáticas de Petrolina, PE, visando ao consumo dos frutos in natura e/ou sua utilização para processamentos.

## Material e Métodos

---

Mudas produzidas por enxertia de topo em fenda cheia foram multiplicadas a partir de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), em seguida, implantadas no Campo Experimental da Caatinga (CEC), pertencente à Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, no ano de 1997, utilizando-se espaçamento de 8,0 m x 8,0 m. Os porta-enxertos utilizados nas mudas enxertadas foram produzidos a partir de sementes de indivíduos de ocorrência espontânea no CEC, com características consideradas padrão para a espécie, com frutos de 18 g, aproximadamente. As enxertias foram realizadas com a utilização de garfos de sete acessos do BGU, selecionados com base nas características dos frutos colhidos nas plantas matrizes originárias destes acessos.

Para essa seleção, foram utilizados os critérios sabor mais doce e maior massa de frutos. Três dos acessos selecionados são caracterizados por massas acima de 85 g: BGU 44 (oriundo de Anagé, BA, com massa média de 86,7 g), BGU 48 (de América Dourada, BA, 85 g) e BGU 68 (de Lontra, MG, 96,7 g). Estes acessos são oriundos de regiões com maior precipitação pluviométrica e/ou solos mais profundos comparadas às regiões de ocorrência dos outros quatro acessos: BGU 30 (de Afrânio, PE, massa média de 37,2 g), BGU 37 (de Uauá, BA, 41,9 g), BGU 52 (de Parnamirim, PE, 41,8 g) e BGU 55 (de Lagoa Grande, PE, 51 g), provenientes da Depressão Sertaneja, onde os volumes de precipitação pluviométrica são menores e os solos mais rasos (Santos et al., 1999).

O solo da área de estudo, de acordo com o *Sistema brasileiro de classificação de solos* (Santos et al., 2018), foi classificado como Argissolo Amarelo,



distrófico, abrupção, plintossólico, de textura média a média-argilosa, relevo plano, com declividade de 1-2. A rocha dura ocorre a partir de 100 cm. O solo é não pedregoso, não rochoso, com ligeira erosão laminar e bem drenado. A vegetação original do entorno é Caatinga hiperxerófila, representada pela presença de espécies como *Poincianella microphylla* (Mart. ex G.Don) L.P.Queiroz (Fabaceae), *Croton conduplicatus* Kunth (Euphorbiaceae), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae), *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett (Burseraceae), *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae), entre outras.

O clima da região é do tipo BSw<sup>h</sup>, de acordo com a classificação de Köppen (1948). Para avaliação da variação climática ao longo deste estudo, as temperaturas mínimas (T<sub>mín</sub>), máximas (T<sub>máx</sub>) e médias (T<sub>méd</sub>) do ar atmosférico (°C) e a precipitação pluviométrica (mm) foram monitoradas a partir da Estação Agrometeorológica do CEC. Dados de precipitação apresentados para o primeiro, segundo e terceiro quadrimestres referem-se aos meses de agosto a novembro, dezembro a março e abril a julho, respectivamente.

As avaliações em campo foram conduzidas ao longo das safras 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015, correspondentes aos períodos de agosto de um ano a julho do seguinte.

As fases fenológicas foram registradas em função dos períodos entre o início e o término da floração, incluindo a intensidade de floração; do início do enfolhamento até início da senescência foliar; e entre início e término da colheita dos frutos (período de produção). A intensidade de floração foi monitorada entre os meses de setembro a janeiro do ano seguinte, por meio de um acompanhamento semanal da quantidade estimada de inflorescências por árvore, representada em classes de intensidade variando de 0 a 4, de acordo com os seguintes critérios:

Classe 0: árvores sem inflorescências.

Classe 1: árvores com pelo menos uma até dez inflorescências em estágio inicial de desenvolvimento.

Classe 2: árvores apresentando entre 11 e 100 inflorescências com flores abertas.

Classe 3: árvores apresentando entre 101 e 200 inflorescências com flores abertas.

Classe 4: árvores apresentando acima de 200 inflorescências com flores abertas.

Para esta avaliação, a copa foi dividida em quadrantes delimitados de acordo com suas orientações voltadas para as direções norte, sul, leste e oeste, e a quantidade de inflorescências mensurada no quadrante voltado para a direção leste foi extrapolada para os demais, considerando-se que a distribuição de inflorescências foi homogênea nos diferentes quadrantes.

Para a avaliação da produção, foram determinados o número total de frutos (*NTF*), a massa média de frutos (*MMF*, em g) e a produção total de frutos (*PTF*, em kg) por planta, em cada safra. Para tanto, foi contabilizado o número de frutos presentes na superfície do solo na projeção da copa de cada árvore, semanalmente. Em frutos íntegros e com consistência firme, foi determinada a massa (g), utilizando-se uma balança analítica digital (Gehaka, Brasil, São Paulo). Para a determinação da produção de frutos por árvore, o valor de massa média de frutos íntegros obtidos em cada colheita foi multiplicado pelo número de frutos acumulados na projeção da copa entre uma colheita e outra. Sempre que contabilizados, os frutos eram retirados da área para que não fossem contabilizados na colheita seguinte.

A qualidade da polpa dos frutos foi avaliada em relação a: teor de sólidos solúveis (*SS*, °Brix), determinado com auxílio de um refratômetro digital com compensação automática de temperatura (ATAGO, modelo PAL-1), segundo a Association of the Agricultural Chemists (2010); teor de açúcares solúveis totais (*AST*, g.100 g<sup>-1</sup>), extraído em solução etanólica e determinado usando-se o reagente antrona, com leitura em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio UV-Vis), a 620 nm (Yemn; Willis, 1954); teor de açúcares redutores (*AR*, g.100 g<sup>-1</sup>), quantificado utilizando-se o reagente ácido 3,5-dinitrossalicílico (DNS), com leitura em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio UV-Vis), a 540 nm (Miller, 1959); e teor de compostos pécicos (g.100 g<sup>-1</sup>), seguindo-se procedimento de extração descrito por McReady e MacComb (1952) e determinados com padrão de ácido galacturônico, segundo Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973). Essas avaliações foram realizadas nas safras 2012-2013 e 2013-2014.

Todas as determinações foram realizadas em número variável de frutos íntegros por árvore, de acordo com a disponibilidade em cada data de colheita, variando de três a dez frutos. Os teores médios dos compostos químicos

de qualidade da polpa foram determinados para cada data de colheita. Ao final do período produtivo, foram calculados os valores médios para cada data de colheita e por indivíduo.

O experimento foi conduzido com sete tratamentos (acessos), em delineamento experimental em blocos ao acaso, com duas repetições de dois indivíduos. Para atender ao critério de distribuição normal, os dados de *NTF*, *MMF* e *PTF* foram transformados em raiz quadrada de  $Y + 1,0$ , submetidos à análise da variância e os tratamentos agrupados por meio do critério de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com auxílio do pacote estatístico Sisvar (Ferreira, 2011). Para a análise estatística, procedeu-se o desdobramento de acessos em função da safra e da safra dentro de acessos.

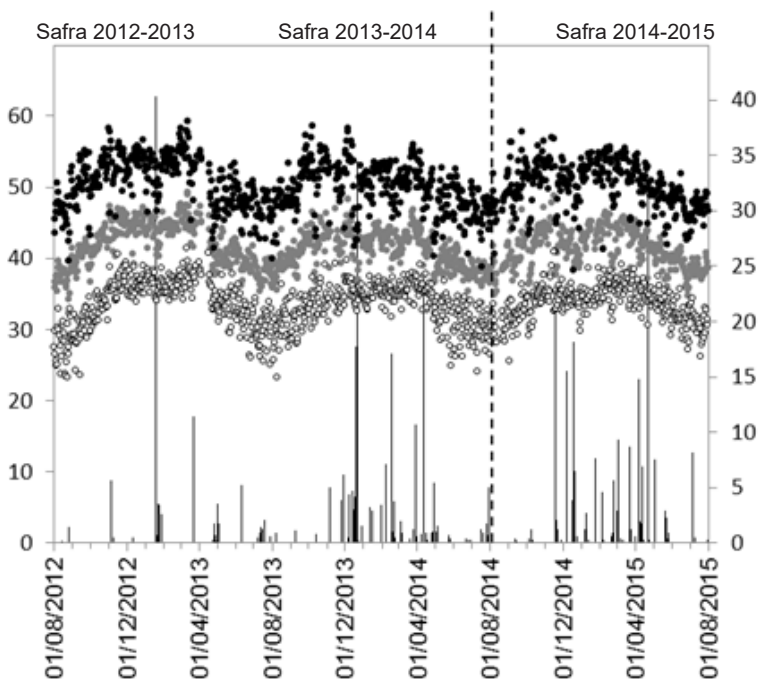
## Resultados e Discussão

---

As variações na temperatura do ar e nos volumes de precipitação pluviométrica ao longo das safras 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015 são apresentados na Figura 1. Em geral, os menores valores de temperatura do ar foram registrados no mês de julho, em que a  $T_{\text{méd}}$  mensal foi de, aproximadamente, 24,5 °C, com  $T_{\text{máx}}$  média de 30 °C e  $T_{\text{mín}}$  média de 19,5 °C. A partir do mês de agosto, a temperatura do ar começou a aumentar, até estabilizar no período entre meados de novembro até meados de março. Comparativamente, as temperaturas foram mais altas para este período na safra 2012-2013, com  $T_{\text{méd}}$  de 29 °C,  $T_{\text{máx}}$  média de 34,5 °C e  $T_{\text{mín}}$  média de 23,5 °C, aproximadamente. A variação de temperaturas foi mais semelhante entre as safras 2013-2014 e 2014-2015, com  $T_{\text{méd}}$  do ar de 27 °C,  $T_{\text{máx}}$  média de 33 °C e  $T_{\text{mín}}$  média de 22,5 °C, aproximadamente.

Apesar de na safra 2012-2013 ter ocorrido no início do mês de novembro de 2012 uma chuva isolada e de baixo volume (menos de 10 mm), o período chuvoso desta safra se limitou à segunda quinzena do mês de janeiro de 2013. Os eventos posteriores de precipitação na safra 2012-2013 ocorreram de forma isolada no tempo e espaçadas em, pelo menos, 30 dias um do outro (Figura 1). Nas safras seguintes, as chuvas foram mais frequentes. Na safra de 2013-2014, o período chuvoso se iniciou ao final do mês de novembro de 2013 e se estendeu de forma esparsa até início do mês de maio de 2014. Na safra de 2014-2015, o período chuvoso foi mais extenso que na safra anterior. As chuvas se iniciaram em meados do mês de novembro de 2014 e se estenderam até final do mês de maio de 2015.

O volume acumulado de precipitação pluviométrica foi menor na safra de 2012-2013, observando-se que em 2013-2014 e 2014-2015 os montantes aumentaram em mais de 100% (Tabela 1). Dentre os períodos analisados, o maior volume acumulado ocorreu no segundo quadrimestre correspondente aos meses de dezembro a março, independentemente da safra considerada. Apesar do aumento dos volumes de precipitação nas últimas duas safras avaliadas, os valores estiveram abaixo da média histórica de, aproximadamente, 550 mm (Teixeira, 2010). Da primeira à terceira safra, houveram aumentos substanciais nos volumes de precipitação acumulados em cada um dos quadrimestres, com exceção do período de dezembro a março da terceira safra, em que o volume foi menor comparado ao da safra anterior.



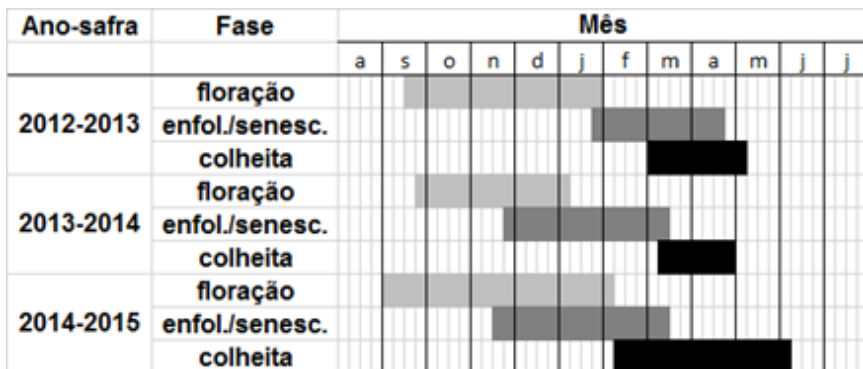
**Figura 1.** Precipitação pluviométrica (barras verticais), temperaturas mínimas (Tmín) (○), máximas (Tmáx) (●), e médias (Tméd) (◐) do ar ao longo das safras 2012-2013, 2013-2014, e 2014-2015 - Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Os períodos aproximados entre o início e término da floração, do enfloramento até início da senescência foliar e início e término da colheita, nas safras de 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015, são apresentados na Figura 2. De forma geral, a floração ocorreu de setembro a janeiro, em dois fluxos principais dentro de cada safra. O primeiro pico de floração ocorreu em torno

de 40 dias da data de início da floração. A ocorrência do segundo pico de floração, por sua vez, variou entre 70 e 100 dias da data de início da floração, mas não ocorreu para todos os acessos.

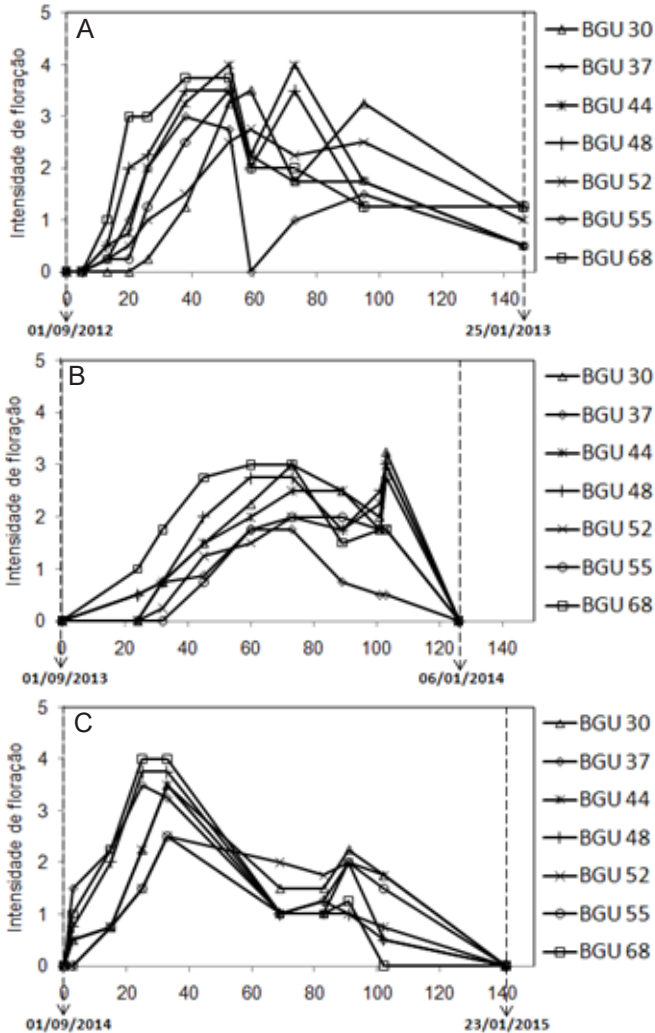
**Tabela 1.** Precipitação pluvial parcial por quadrimestre (agosto a novembro, dezembro a março e abril a julho) e total acumulado (mm) nas safras 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015, no Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Safrá	Precipitação pluviométrica (mm)			
	Ago. / nov.	Dez. / mar.	Abr. / jul.	Total
2012-2013	12,8	101,5	37,4	151,7
2013-2014	30,3	216	92,4	338,7
2014-2015	60	167,7	137,6	365,3



**Figura 2.** Períodos entre o início e término da floração, enfolhamento até início da senescência foliar e início e término da colheita de um conjunto de sete acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) em condições naturais de dependência de chuva nas safras de 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015, Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

No ano de 2012, foi detectado início de floração a partir de 14 de setembro, para alguns acessos (Figura 3). As duas semanas anteriores ao florescimento foram caracterizadas pela ocorrência de dois eventos de temperatura mínima do ar de 15 °C e aumento progressivo da temperatura máxima do ar de, aproximadamente, 30 °C para 35 °C. A umidade relativa do ar e a velocidade do vento tenderam a diminuir durante as duas primeiras semanas de setembro, enquanto a evapotranspiração de referência apresentou tendência de aumento (dados não apresentados). O início do florescimento ocorreu ainda sob ausência de precipitação pluviométrica.



**Figura 3.** Período e intensidade de floração de diferentes acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) em condições naturais de dependência de chuva nas safras (A) 2012-2013, (B) 2013-2014, e (C) 2014-2015, Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Um padrão semelhante de início da floração foi observado nas duas safras seguintes, com a diferença de que, na floração do ano de 2013, o primeiro fluxo foi mais duradouro e, juntando-se ao segundo fluxo, mais concentrado no tempo para os diferentes acessos, tendo iniciado no final do mês de setembro e finalizado no início do mês de janeiro. Destaca-se que as plantas

do genótipo BGU 30, por exemplo, sempre apresentaram um segundo fluxo de floração bem definido em todos os anos.

Verificou-se a existência de variabilidade quanto ao início do florescimento entre os acessos, indicando a ocorrência de acessos precoces, intermediários e tardios. Em geral, considerando-se os diferentes anos analisados, o genótipo BGU 68 se destacou como o mais precoce quanto ao florescimento, dentro de uma mesma estação do ano, em relação aos acessos BGU 30, BGU 55 e BGU 52, os quais se comportaram como os mais tardios. Os acessos BGU 30, BGU 52 e BGU 55, agrupados como mais tardios, caracteristicamente, são oriundos de áreas mais próximas do entorno do local de plantio experimental, correspondente à Depressão Sertaneja, onde os volumes de precipitação pluviométrica são menores e os solos mais rasos, enquanto o genótipo BGU 68, que se destacou como mais precoce quanto ao florescimento, é oriundo de uma região mais ao sul do Semiárido, caracterizada por um maior volume de precipitações pluviométricas e/ou solos mais profundos comparados à região de origem dos primeiros (Santos et al., 1999).

O início do enfolhamento correspondeu ao início do período chuvoso que, na safra 2012-2013, ocorreu no final do mês de janeiro, sendo mais tardio que nos anos seguintes. Nas safras de 2013-2014 e 2014-2015, a fase de enfolhamento ocorreu entre meados e final de novembro, em resposta ao volume de chuvas ocorrido neste mês. O início de queda das folhas diferiu entre as safras avaliadas, e foi mais tardio em 2012-2013 e mais precoce em 2013-2014 e 2014-2015. Independentemente do ano de avaliação, o processo de senescência foliar se iniciou antes da finalização do período de amadurecimento de frutos. Conforme demonstrada, a ocorrência de mais de um fluxo de floração ao longo do segundo semestre, frutos em diferentes estádios de amadurecimento podem estar presentes na planta em um mesmo momento. Desta forma, é de se esperar que somente quando os últimos frutos estão em amadurecimento é que as folhas estejam em senescência. Quando os primeiros amadurecem, a senescência ainda não aconteceu.

O período de colheita foi concentrado nos meses de março e abril nas safras 2012-2013 e 2013-2014, mas na safra 2014-2015 se estendeu de fevereiro a junho (Tabela 1).

Os acessos BGU 30, BGU 37 e BGU 52 apresentaram os maiores valores de *NTF* no conjunto das safras avaliadas (Tabela 2). Independentemente do genótipo avaliado, o *NTF* foi maior nas safras 2012-2013 e 2014-2015 em

relação à safra de 2013-2014. Os valores de *MMF* foram maiores nas safras de 2013-2014 e 2014-2015. Em geral, o genótipo BGU 68 apresentou maior *MMF*, mas não diferiu do BGU 44 nas safras de 2012-2013 e 2013-2014, nem do BGU 48 nas safras de 2013-2014 e 2014-2015.

**Tabela 2.** Número total de frutos (*NTF*), massa média de frutos (*MMF*, g) e produção total de frutos (*PTF*, kg) de diferentes acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) (tratamentos), em condições naturais de dependência de chuva nas safras de 2012-2013, 2013-2014, e 2014-2015, no Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. Média  $\pm$  desvio-padrão\*.

Tratamento	<i>NTF</i> (CV% = 34,5%)					
	2012-2013		2013-2014		2014-2015	
BGU30	35 $\pm$ 45,25	aC	136,00 $\pm$ 90,51	aB	317,00 $\pm$ 16,97	aA
BGU37	116,75 $\pm$ 52,68	aB	33,75 $\pm$ 42,07	aB	324,25 $\pm$ 56,92	aA
BGU44	58,50 $\pm$ 2,82	aA	8,00 $\pm$ 4,24	aA	28,50 $\pm$ 5,65	cA
BGU48	37,75 $\pm$ 37,12	aA	4,50 $\pm$ 0,70	aA	8,00 $\pm$ 2,82	cA
BGU52	174,75 $\pm$ 184,90	aA	54,00 $\pm$ 19,80	aA	153,00 $\pm$ 91,92	bA
BGU55	136,50 $\pm$ 41,01	aA	18,50 $\pm$ 0,70	aB	49,25 $\pm$ 8,13	cB
BGU68	74,00 $\pm$ 73,54	aA	17,75 $\pm$ 6,01	aA	41,62 $\pm$ 11,88	cA
Tratamento	<i>NTF</i> (g) (CV% = 5%)					
	2012-2013		2013-2014		2014-2015	
BGU30	23,45 $\pm$ 1,28	dA	31,19 $\pm$ 1,42	cA	28,63 $\pm$ 0,52	dA
BGU37	28,97 $\pm$ 0,89	cA	36,82 $\pm$ 0,54	cA	36,13 $\pm$ 1,12	cA
BGU44	47,51 $\pm$ 0,51	aA	58,08 $\pm$ 3,92	aA	54,76 $\pm$ 3,87	bA
BGU48	39,45 $\pm$ 6,75	bB	61,71 $\pm$ 3,80	aA	70,88 $\pm$ 14,58	aA
BGU52	31,12 $\pm$ 3,5	cB	32,14 $\pm$ 4,12	cB	40,93 $\pm$ 0,25	cA
BGU55	36,58 $\pm$ 0,83	cB	48,71 $\pm$ 7,20	bA	39,46 $\pm$ 7,21	cB
BGU68	54,30 $\pm$ 3,97	aB	65,29 $\pm$ 0,66	aA	64,33 $\pm$ 5,64	aA
Tratamento	<i>PTF</i> (kg) (CV% = 22,5%)					
	2012-2013		2013-2014		2014-2015	
BGU30	0,85 $\pm$ 1,11	aC	4,18 $\pm$ 2,63	aB	9,08 $\pm$ 0,65	aA

Continua...



Continuação.

BGU37	3,41±1,58	aB	1,22±1,52	aB	11,60±1,51	aA
BGU44	2,78±0,10	aA	0,41±0,15	aA	1,57±0,38	bA
BGU48	1,36±1,20	aA	0,28±0,03	aA	0,53±0,06	bA
BGU52	5,11±5,14	aA	1,76±0,84	aA	6,25±3,77	aA
BGU55	4,90±1,42	aA	0,87±0,06	aA	1,96±0,69	bA
BGU68	4,09±4,21	aA	1,15±0,42	aA	2,65±0,87	bA

\*Valores médios seguidos pelas mesmas letras minúsculas na coluna e pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si, de acordo com o critério de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Comparando-se os dados de massa dos frutos deste estudo com os dos frutos caracterizados a partir das plantas matrizes de origem dos acessos (Santos et al., 1999), os valores deste estudo foram menores. As maiores porcentagens de diminuição ocorreram para os acessos com frutos de maiores massas, principalmente na safra 2012-2013, quando se observou menor disponibilidade hídrica (Tabela 4). As menores diferenças de massas dos frutos dos acessos BGU 44, BGU 48 e BGU 68 nas safras 2013-2014 e 2014-2015 em relação às dos frutos das plantas matrizes correspondentes (Santos et al., 1999) ocorreram, provavelmente, em função de maior disponibilidade de água para a formação dos mesmos. Nesta mesma base de comparação, os acessos BGU 55 e BGU 52 apresentaram as menores diminuições de massas dos frutos nas safras 2013-2014 e 2014-2015, respectivamente (Tabela 3).

Os acessos BGU 37, BGU 30 e BGU 52 apresentaram a maior *PTF*, no conjunto dos anos de avaliações. De forma geral, a *PTF* foi maior nas safras 2014-2015 e 2012-2013 em relação à safra de 2013-2014 (Tabela 3). Comparando-se um mesmo genótipo nos diferentes anos de avaliação, verificou-se que para o BGU 30, a *PTF* foi maior em 2014-2015 que em 2013-2014 e 2012-2013, enquanto, para o genótipo BGU 37, apenas na safra 2014-2015. Considerando-se os diferentes acessos em um mesmo ano de avaliação, foram verificadas diferenças significativas de *PTF* apenas em 2014-2015. Neste ano, a *PTF* foi maior para os acessos BGU 37, BGU 30 e BGU 52.

As variações nos teores de SS não foram uniformes entre as safras estudadas para todos os acessos (Tabela 4). Na safra 2013-2014, os teores de SS dos frutos dos acessos BGU 30, BGU 48, BGU 52 e BGU 68 foram maiores em relação à safra anterior, sugerindo maior resposta destes acessos ao aumento da disponibilidade hídrica por meio da precipitação pluvial. Os frutos dos acessos BGU 37 e BGU 55 destacaram-se pelos maiores teores de SS na safra 2013-2014 enquanto na seguinte, valores mais interessantes para diferentes mercados foram observados em BGU 48, BGU 52 e BGU 55. Considerando-se as variações sazonais, ressalta-se a estabilidade nos teores observados nos frutos dos acessos BGU 37, BGU 44 e BGU 55, nas safras estudadas.

**Tabela 3.** Diminuição (%) na massa dos frutos de diferentes acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) (tratamentos), em condições naturais de dependência de chuva nas safras de 2012-2013, 2013-2014, e 2014-2015, no Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, em relação às massas dos frutos caracterizadas a partir das plantas matrizes de origem dos acessos em seus ambientes de ocorrência natural\*.

Tratamento	Diminuição (%) na massa dos frutos		
	2012-2013	2013-2014	2014-2015
BGU30	36,94	16,16	23,04
BGU37	30,86	12,12	13,77
BGU44	45,20	34,07	36,83
BGU48	51,72	27,40	20,65
BGU52	27,51	20,79	1,94
BGU55	28,25	4,47	25,96
BGU68	43,84	32,64	30,07

Fonte: Santos et al. (1999).

As diferenças nos teores de SS dos frutos observadas entre acessos e safras não foram refletidas no teor de AST. A equivalência entre os valores médios de AST entre os frutos dos acessos representou porcentagens de 64 até 81 dos teores médios de SS. Esta faixa representa o que é esperado para a maioria dos frutos, de forma que as porcentagens restantes representam compostos químicos como ácidos orgânicos, compostos fenólicos, pigmentos, proteínas, lipídios e minerais presentes no suco da polpa (Paliyath et al., 2019).

**Tabela 4.** Teores de sólidos solúveis totais (SS), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e pectinas (PECT) na polpa de frutos de diferentes acessos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), no Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.\*

Tratamento	SS (°Brix) (CV% = 6,7%)			
	2012-2013		2013-2014	
BGU30	9,8±0,1	bB	12,0±0,1	bA
BGU37	11,9±0,3	aA	11,4±0,3	bA
BGU44	10,4±0,1	bA	11,0±1,45	bA
BGU48	10,8±0,9	bB	12,8±1,6	aA
BGU52	10,3±0,2	bB	13,0±1,4	aA
BGU55	12,1±0,4	aA	13,6±0,7	aA
BGU68	9,8±0,1	bB	11,7±0,4	bA
Tratamento	AST (g.100 g <sup>-1</sup> ) (CV% = 10,4%)			
	2012-2013		2013-2014	
BGU30	7,95±0,55	aA	8,11±0,75	aA
BGU37	8,55±0,28	aA	7,97±0,07	aA
BGU44	7,32±0,18	aA	8,40±0,24	aA
BGU48	7,77±0,56	aA	8,26±1,41	aA
BGU52	7,64±0,32	aA	8,54±2,53	aA
BGU55	8,63±0,68	aA	9,67±0,11	aA
BGU68	6,88±0,04	aA	8,30±0,23	aA
Tratamento	AR (g.100 g <sup>-1</sup> ) (CV% = 8,7%)			
	2012-2013		2013-2014	
BGU30	2,80±0,03	bB	4,47±0,43	bA
BGU37	4,00±0,04	bA	4,74±0,42	bA
BGU44	3,36±0,02	bB	4,95±0,59	bA
BGU48	3,52±0,33	bB	5,46±0,00	bA
BGU52	3,63±0,05	bB	4,90±0,85	bA

Continua...

Continuação.

Tratamento	<i>PECT</i> (g.100 g <sup>-1</sup> ) (CV% = 11,5%)			
	2012-2013		2013-2014	
BGU55	5,70±0,21	aB	7,28±0,66	aA
BGU68	2,98±0,11	bB	4,81±0,22	bA
BGU30	0,24±0,01	cA	0,19±0,02	bA
BGU37	0,32±0,03	aA	0,27±0,03	aA
BGU44	0,22±0,01	cA	0,17±0,03	bA
BGU48	0,26±0,02	bA	0,31±0,02	aA
BGU52	0,18±0,01	cA	0,15±0,03	bA
BGU55	0,19±0,01	cA	0,15±0,04	bA
BGU68	0,22±0,01	cA	0,25±0,02	aA

\*Valores médios seguidos pelas mesmas letras minúsculas na coluna e pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si, de acordo com o critério de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Entretanto, os teores de *AR*, que representados essencialmente por glicose e frutose, foram maiores na safra 2013-2014, com exceção do genótipo BGU 37, que não apresentou aumento significativo. O genótipo BGU 55 apresentou maior teor médio de *AR* na polpa dos frutos, em ambas as safras em que essa característica foi avaliada.

O teor de *PECT* na polpa, que é um importante indicativo de maturidade e firmeza bem como de resistência a danos, não variou significativamente entre as duas safras, para todos os acessos avaliados. O genótipo BGU 37 apresentou teores significativamente maiores de *PECT*, em ambas as safras. Porém, na safra 2013-2014, os acessos BGU 48 e BGU 68 apresentaram teores equivalentes ao do BGU 37. É provável que estes acessos respondam diferencialmente à síntese ou preservação dos teores de pectinas na polpa dos frutos sob condições climáticas distintas dos períodos de produção. ao BGU 37, que não apresentou aumento significativo. O genótipo BGU 55 apresentou maior teor médio de *AR* na polpa dos frutos, em ambas as safras em que essa característica foi avaliada.

O teor de *PECT* na polpa, que é um importante indicativo de maturidade e firmeza bem como de resistência a danos, não variou significativamente

entre as duas safras, para todos os acessos avaliados. O genótipo BGU 37 apresentou teores significativamente maiores de *PECT*, em ambas as safras. Porém, na safra 2013-2014, os acessos BGU 48 e BGU 68 apresentaram teores equivalentes ao do BGU 37. É provável que estes acessos respondam diferencialmente à síntese ou preservação dos teores de pectinas na polpa dos frutos sob condições climáticas distintas dos períodos de produção.

As fases fenológicas do umbuzeiro, em idade adulta, podem ser ordenadas sequencialmente, a partir da saída do estado de repouso vegetativo, pela floração, recuperação da cobertura foliar associada ao início do processo de desenvolvimento dos frutos, amadurecimento de frutos, senescência e abscisão foliar, e retorno ao repouso vegetativo. A ocorrência destas fases, em termos de início, duração e intensidade, apresentou certa variação, provavelmente devido às alterações nas variáveis meteorológicas entre as estações sazonais de um ano para o outro.

Embora tenham sido observadas temperaturas do ar mais altas na safra de 2012-2013, comparadas às demais safras, as magnitudes dos valores estiveram próximas das médias históricas para a região. De acordo com dados agrometeorológicos do período de 1964 a 2009, as normais mensais de temperatura média do ar variaram de 24,1 °C a 28,0 °C, enquanto as normais mensais de temperatura máxima e de mínima variaram de 29,6 °C a 34,0 °C e de 18,2 °C a 22,1 °C, respectivamente (Teixeira, 2010). Comparada a outras regiões de maiores latitudes, a amplitude térmica anual na região de Petrolina, PE é considerada pequena devido à proximidade da região em relação ao equador terrestre (Teixeira, 2010). No entanto, os maiores valores de temperatura na safra 2012-2013 estiveram associados a um menor volume de precipitação pluviométrica anual comparado aos das demais safras. Considerando-se que na região de Petrolina, PE, o período chuvoso, historicamente, concentra-se entre os meses de novembro a abril, com 90% do total anual médio que é de 549 mm, o volume pluviométrico total anual observado para a safra 2012-2013 foi bastante reduzido. De fato, o elemento meteorológico de maior variabilidade espacial e temporal no Semiárido é a precipitação, cuja irregularidade pode ser considerada o fator climático limitante mais importante para a agricultura de dependência de chuva, ou sequeiro (Teixeira, 2010).

Neste sentido, a limitação no volume e na distribuição das chuvas na safra 2012-2013, principalmente, deve ter sido responsável pela ocorrência mais

tardia da recuperação da cobertura foliar e da colheita, em relação à safra 2014-2015. O padrão observado sobre o atraso na colheita da safra de 2012-2013 pode sugerir um efeito de aborto dos eventos iniciais de floração em consequência do déficit hídrico. Já na safra de 2013-2014, o período mais concentrado e mais tardio da colheita, em relação à safra 2014-2015, em geral, pode ter sido decorrente da floração menos intensa e mais tardia, possivelmente devido a um estado nutricional em recuperação em consequência das restrições hídricas severas ocorridas na safra anterior.

De acordo com Teixeira (2010), a abundância de radiação solar incidente e a escassez de chuvas ao longo do ano proporcionam grandes diferenças entre a precipitação e a evaporação, resultando em elevado valor de deficiência hídrica na região. Historicamente, o período entre janeiro e abril contribui com 70% do total anual médio do volume de precipitações, destacando-se o mês de março como o mais chuvoso e o mês de agosto como o mais seco, com totais médios de 128,4 mm e 4,3 mm, respectivamente (Teixeira, 2010). Apesar da maior concentração de chuvas, o mês de março ainda apresenta grande variabilidade histórica no volume de precipitações, representado por um coeficiente de variação médio de 68,1%. Em setembro, este coeficiente alcança o valor médio histórico de 160,7% (Teixeira, 2010). BGU 37, que não apresentou aumento significativo. O genótipo BGU 55 apresentou maior teor médio de *AR* na polpa dos frutos, em ambas as safras em que essa característica foi avaliada.

Apesar de o déficit hídrico ser um fator esperado para a região ao longo de todo o ano, alternâncias de produção de uma safra para outra observadas para um mesmo indivíduo de umbuzeiro podem estar relacionadas a períodos de deficiência hídrica em intensidades maiores em momentos críticos de fases fenológicas determinantes para a formação da colheita. Neste sentido, estudos futuros são necessários para avaliar o efeito da complementação hídrica em anos de baixa precipitação sobre o desencadeamento fenológico e, conseqüentemente, da produção de frutos, podendo vir a constituir uma alternativa estratégica para a garantia de safra de árvores adultas de umbuzeiros manejados em condições naturais de dependência de chuva. No entanto, destaca-se a alta plasticidade da espécie que, além de garantir a sobrevivência nos eventos cíclicos de seca na Caatinga, mantém a capacidade de produção substancial de frutos por meio de especializações anatômicas e de respostas ecofisiológicas da copa altamente acopladas à atmosfera (Marin et al., 2016).

A temperatura mínima média diária do ar em julho, mês mais frio da estação de inverno na região, raramente diminuiu para abaixo de 21 °C nas três

safras avaliadas. A ocorrência de amplitudes térmicas de 15 °C a 20 °C, ou do aumento da temperatura média do ar por si só, ou a combinação destes diferentes fatores, devem estar envolvidos com a saída da fase de repouso das gemas e início dos primórdios florais do umbuzeiro. O aumento gradual da temperatura média do ar, como consequência do aumento da quantidade de radiação incidente da estação de inverno para a estação primaveril deve intensificar os processos metabólicos do umbuzeiro, permitindo a disponibilidade de energia necessária para o desenvolvimento das inflorescências. De acordo com Menzel (2002), a fenologia de plantas perenes está normalmente associada à variação dos principais elementos climáticos do ambiente, uma vez que representam ajustes no ciclo de vida da planta a períodos favoráveis e desfavoráveis do crescimento (Larcher, 2004).

A disponibilidade de energia química para a mudança da fase de repouso para a floração, provavelmente, deve depender do acúmulo e/ou reserva de carboidratos e nutrientes durante a fase vegetativa da estação chuvosa do ciclo anual anterior, os quais devem estar disponíveis para os órgãos reprodutivos, possibilitando o desenvolvimento da floração ainda ao final da estação seca (Barbosa et al., 2003). O acúmulo de reservas em espécies decíduas ocorre em tecidos do caule e das raízes.

No caso do umbuzeiro, as túberas de seu sistema radicular se destacam pelo acúmulo de água com a presença de sacarose e nutrientes minerais (Lima, 1996). A mudança da fase de repouso vegetativo para a floração passa por uma fase intermediária caracterizada pelo intumescimento das gemas apicais dos ramos, por volta do mês de agosto, até que o primeiro fluxo de floração ocorra com o início do crescimento das inflorescências que, neste estudo, ocorreu entre a primeira e última semana de setembro. A falta de água de forma prolongada após a floração, provavelmente, deve acarretar em impactos negativos sobre a formação de frutos, uma vez que a expansão celular depende de turgor (Taiz; Zeiger, 2003). Desta forma, um segundo fluxo de floração pode aumentar as chances de que sua ocorrência coincida com um período meteorológico mais favorável, com maior disponibilidade de chuvas, para maior sucesso no processo de fertilização e desenvolvimento ovular. Neste sentido, uma provável relação causal entre disponibilidade de água para formação de reservas no ciclo vegetativo anterior, bem como após o florescimento para permitir o crescimento de frutos, pode explicar variações de produtividade de uma safra para outra.

As diferentes velocidades e intensidades de florescimento, dentro de uma mesma estação sazonal, verificadas entre os diferentes acessos, podem indicar diferenças de sensibilidade dos mesmos aos fatores ambientais indutores, e sugerir a ocorrência de níveis diferenciados de ajuste da fase reprodutiva. A precisão na sincronização da fase reprodutiva com os eventos ambientais tem significado ecológico para o sucesso reprodutivo. O tempo da floração deve estar sincronizado com as condições climáticas favoráveis à atividade dos polinizadores, com o tempo para amadurecimento dos frutos e sementes e de seus agentes dispersores (Larcher, 2004). Comparados com os demais acessos que responderam de forma mais tardia dentro de uma mesma safra, os acessos caracterizados como os mais precoces quanto ao início da floração, BGU 68, BGU 48 e BGU 44, em geral, foram os originários das regiões mais ao sul do Semiárido.

Os dados obtidos sugerem diferenças de estratégias, entre os dois grupos de acessos, voltadas para a melhoria de desempenho reprodutivo de acordo com as características edafoclimáticas de seus ambientes de origem. Como as chuvas se iniciam mais precocemente na região mais ao sul do que ao meio-norte do Semiárido (Moura et al., 2007), seria esperado que acessos originários da primeira região fossem mais precoces no florescimento. Um possível mecanismo para a ocorrência de uma maior precocidade no florescimento de alguns acessos em comparação a outros, dentro de uma mesma estação sazonal, pode estar relacionado a uma menor necessidade de energia, medida em unidade calórica (Ferreira et al., 2011), para a iniciação floral.

Sob condições naturais, o início da fase de recuperação da cobertura foliar em umbuzeiros está associado à ocorrência das primeiras chuvas após a estação seca, o que, normalmente, ocorre posteriormente ao início de sua fase de floração. Na safra 2012-2013, o início do enfolhamento ocorreu no final do mês de janeiro de 2013, de forma mais tardia que nos anos seguintes. Nas safras de 2013-2014 e 2014-2015, a fase de enfolhamento ocorreu entre meados e final de novembro de 2013 e 2014, respectivamente, em resposta à ocorrência de chuvas. Desta forma, o maior período de cobertura foliar na safra de 2013-2014, comparado ao da safra 2012-2013, foi possível, provavelmente, devido à melhor distribuição e volume de chuvas, o que deve ter contribuído para uma maior formação e acúmulo de substâncias de reserva. Em função do padrão de precipitação pluviométrica na safra 2012-2013, o período de cobertura foliar para esta safra foi desfavorecido. Como



consequência, a produção de foto-assimilados deve ter sido prejudicada ao final da safra, o que, possivelmente, pode ter influenciado na menor extensão do período de ocorrência de florações na safra seguinte. O menor período de florações em 2013-2014, por sua vez, pode ter contribuído para a baixa formação de frutos verificada no estudo.

A transição do período chuvoso para o seco levou à mudança da fase de crescimento para a fase de repouso vegetativo no umbuzeiro, marcada pela senescência e queda das folhas. Normalmente, a senescência ocorre quando a inibição difusiva persistente das trocas gasosas, em função do déficit hídrico progressivo do solo, dá origem a processos de foto-oxidação dos tecidos foliares em uma intensidade em que os sistemas antioxidantes de foto-proteção presentes nas folhas não são suficientes para impedir a ocorrência de danos (Demig-Adams; Adams, 1996). Tal nível de foto-oxidação foliar tende a levar à perda da capacidade autotrófica do órgão seguida da indução do processo de senescência de forma programada, com envolvimento de diversas enzimas para reaproveitamento de compostos foliares (Pintó-Marijuan; Munné-Bosch, 2014).

O início de queda das folhas diferiu entre as safras avaliadas, sendo mais tardio em 2012-2013 e mais precoce em 2013-2014 e 2014-2015. O adiantamento do início da queda das folhas nas duas últimas safras avaliadas, provavelmente, deve ter sido condicionado pela idade mais avançada das folhas associada ao início da estação seca, comparando às condições da safra de 2012-2013 para o mesmo período do ano, em que as plantas apresentavam folhas mais jovens decorrentes da recuperação mais tardia da cobertura foliar. No estudo de Cavalcanti et al. (2008b), os pequenos volumes de precipitação ocorridos no mês de julho, associados à ausência de precipitação no mês de agosto, em que ocorre diminuição da temperatura do ar, são levantados como possíveis fatores para a queda das folhas e estabelecimento da dormência vegetativa do umbuzeiro. Além de situações de déficit hídrico, dias mais curtos de inverno e certos limites de temperatura também podem constituir fatores que estimulam a senescência em espécies perenes, envolvendo alterações de balanço hormonal em favorecimento do ácido abscísico, ácido jasmônico e etileno (Larcher, 2004). De forma geral, espécies arbóreas decíduas de regiões com acentuado padrão sazonal de temperatura e umidade apresentam um padrão de senescência do tipo simultânea das folhas com sua perda anteriormente à quebra de dormência das gemas (Wareing; Phillips, 1981; Longman; Jenik, 1987).

Os dados obtidos neste estudo, em geral, são coerentes com os dados da literatura. Em um estudo realizado com árvores de ocorrência espontânea, em Petrolina, PE, verificou-se que os períodos médios entre a queda das folhas e a emissão do primórdio do botão floral, a marcação do botão floral e a abertura das flores, a abertura das flores e o início da frutificação, e o início da frutificação e a maturação plena dos frutos foram de, aproximadamente, 40; 6,6; 12 e 125 dias, respectivamente (Cavalcanti et al., 2008b). Os autores observaram que a floração das plantas ocorreu de agosto a setembro e o início da frutificação de outubro a novembro (Cavalcanti et al., 2008b).

A produção, em geral, foi favorecida nas safras 2012-2013 e 2014-2015 em relação à safra 2013-2014. Como as chuvas foram de baixo volume na safra 2012-2013, é possível que a capacidade produtiva nesta safra tenha sido influenciada pelas reservas acumuladas no período vegetativo da safra anterior, favorecendo pelo menos o início da fase reprodutiva. Neste sentido, na safra de 2014-2015, os melhores resultados produtivos teriam sido reflexo da maior frequência e volume de chuvas ocorridas na safra de 2013-2014. Coerentemente, a menor produção obtida na safra 2013-2014 deve refletir o baixo volume e a baixa frequência de chuvas ocorridas na safra 2012-2013. Um evento de seca ao longo de uma safra pode prejudicar os componentes da produção (número de frutos e tamanho) na estação em curso ou durante os anos seguintes (Lopez et al., 2012).

O padrão de precipitações pluviométricas ao longo deste estudo, na região de Petrolina, PE, foi caracterizado por uma alta variabilidade temporal. Em geral, o período chuvoso se concentrou com eventos de precipitação de maior volume, porém, esparsos entre dezembro e março, passando por um período com ocorrência de chuvas ainda esparsas, mas de baixo volume entre abril e maio, até o estabelecimento de um período sem precipitações entre julho a novembro com possibilidade de chuvas isoladas em outubro. Desta forma, a qualidade da estação chuvosa, considerando-se que a distribuição temporal da chuva influencia o crescimento e desenvolvimento das espécies nativas da Caatinga, não pode ser representada apenas pelo valor total anual da precipitação (Drumond et al., 2016), mas também pela distribuição temporal e espacial (Nobre; Melo, 2001).

Diferentes estudos indicam ampla variação na capacidade produtiva do umbuzeiro. De acordo com Guerra (1981), a produção anual de uma árvore de ocorrência espontânea foi estimada em 300 kg, aproximadamente, en-

quanto Santos (1998) estimou a produção média de 65 kg de frutos por planta, com base em 17 indivíduos durante 3 anos. Cavalcanti et al. (2008c) avaliaram que a produção média de frutos de umbuzeiro por planta de ocorrência espontânea no município de Petrolina, PE, foi de 360 kg na safra 2005-2006. Em um estudo com 16 indivíduos adultos de umbuzeiro de ocorrência espontânea no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, em 1996, observou-se grande variabilidade dos parâmetros de produção (Santos, 1998). A produção média total por árvore foi de 73 kg, aproximadamente, mas variou de 0,076 kg a 235 kg, com massa média dos frutos de 16,55 g. De acordo com o autor os fatores que mais influenciaram positivamente a produção e o número de frutos por árvore foram os maiores teores de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{P}$  e de água no solo nos meses de agosto e outubro. De acordo com Santos (1998), um número considerável de flores e de frutos pode sofrer aborto se o teor de água do solo for baixo nos meses subsequentes à floração e, neste caso, uma segunda floração pode aumentar as chances de sucesso reprodutivo caso seja favorecida com uma maior proximidade de períodos chuvosos.

A menor capacidade produtiva dos acessos caracterizados por frutos de maior tamanho, nas condições deste estudo, pode indicar uma maior sensibilidade destes acessos às condições ambientais de Petrolina, PE, com efeitos mais restritivos sobre a produção. Neste sentido, a maior produção dos acessos BGU 30, BGU 37, BGU 52 e BGU 55 é coerente com a maior proximidade da região de origem dos mesmos ao município de Petrolina, PE. No entanto, de acordo com estudos em andamento na Embrapa Semiárido, indivíduos dos mesmos acessos e mesma idade dos avaliados neste trabalho podem apresentar capacidade de produção acima de 40 kg, quando cultivados com complementação hídrica na fase reprodutiva, incluindo aqueles caracterizados por frutos de maior tamanho.

A menor massa média de frutos na safra 2012-2013, principalmente dos acessos com maiores tamanhos, pode ter sido influenciada pela baixa frequência de chuvas e de baixos volumes durante a fase de crescimento dos mesmos. É provável que a baixa disponibilidade de água na fase de crescimento dos mesmos possa ter sido insuficiente para manter o turgor das células nos tecidos em formação, o que é fundamental para a expansão celular e o crescimento em tamanho. Adicionalmente, temperaturas médias mais altas durante o período de desenvolvimento dos frutos, conforme as observadas

na safra 2012-2013, também devem ter contribuído para seu menor tamanho, visto que tendem a aumentar a fotorrespiração deste órgão reprodutivo e, conseqüentemente, limitar a disponibilidade de energia a ser investida em seu crescimento (Fischer et al., 2016). Teoricamente, o tamanho de frutos também pode ser influenciado pelo maior número deles produzidos por planta, restringindo assim seu crescimento devido a uma diminuição da razão fonte/dreno, principalmente sob baixa quantidade de reservas nutricionais.

Na safra 2014-2015, em que as condições de disponibilidade de água e temperaturas médias do ar provavelmente favoreceram maior expansão celular, os acessos BGU 48, BGU 52 e BGU 68 se destacaram com maiores valores médios de massa de frutos comparando-se aos valores obtidos na safra 2012-2013. Por outro lado, a falta de variação quanto à massa média de frutos para os acessos que originalmente apresentam menores tamanhos pode indicar uma menor sensibilidade às temperaturas mais altas e/ou apresentar mecanismos mais efetivos a favor de um balanço hídrico interno à planta mais favorável para o desenvolvimento dos tecidos durante a fase reprodutiva.

A diminuição observada na massa dos frutos das plantas cultivadas no CEC em relação aos valores registrados para as plantas matrizes originárias dos acessos, em seus ambientes de ocorrência natural, principalmente no caso daqueles com frutos de maior tamanho, provavelmente, deve ter sido consequência do cultivo em condições de maior temperatura média do ar, menor precipitação pluviométrica e solos mais rasos, característicos da região onde este estudo foi realizado.

Os dados indicam que os acessos com frutos de maiores massas (BGU 44, BGU 48 e BGU 68, com frutos entre 85 g e 96 g, nas plantas matrizes), mesmo fora de sua região de origem, caracterizada por solos mais profundos (> 1-2 m) e de maior disponibilidade hídrica ( $\geq 600$  mm/ano), mantêm o potencial de formar frutos com maiores massas, na medida em que as condições climáticas permitam a ocorrência da fase reprodutiva. De acordo com Santos et al. (1999), apesar da possibilidade de ocorrência de variações no tamanho em função das condições do ambiente, o tamanho de frutos de acessos considerados “gigantes”, que possuem tamanho de quatro a cinco vezes maior que o normal para a espécie, com padrão fenotípico de 18,4 g (Santos, 1997), é influenciado por efeitos genéticos, permitindo sua manutenção por propagação vegetativa.

Considerando-se que a maior massa dos frutos constitui uma característica diferenciada para a agregação de valor na comercialização, uma vez que tendem a ter sua escolha favorecida para consumo in natura, estudos sobre o seu cultivo em regiões climáticas menos favoráveis, mas com disponibilidade de água para aplicação, devem ser sistematizados com o objetivo de viabilizar produção com maior retorno econômico.

Diferentes fatores podem interferir na capacidade produtiva de árvores perenes frutíferas, a exemplo do histórico das condições abióticas, incluindo a disponibilidade hídrica e de fertilidade do solo; bióticas, como a ocorrência de pragas e doenças e/ou organismos capazes de favorecer as fases do desenvolvimento como microrganismos eficazes e insetos polinizadores; porte da planta; número de flores femininas; e potencial genético, modulado pela plasticidade fenotípica do indivíduo (Sultan, 2000). A ocorrência de condições ambientais desfavoráveis está relacionada principalmente com o volume e a distribuição de chuvas insuficientes em determinados períodos fenológicos. A distribuição dos eventos de precipitação ao longo da safra 2012-2013 foi esparsa, compreendendo períodos de estiagem variando de 30 a 80 dias, aproximadamente, sendo frequentes períodos de 50 dias de estiagem durante a fase produtiva do umbuzeiro. Além de pouco volumosa, com total de precipitação pluviométrica acumulado de 151,7 mm para o período entre agosto de 2012 e julho de 2013, a esparsa distribuição de chuvas ao longo da safra representa curtos períodos de disponibilidade de água no solo, o que resulta em intensa limitação dos processos fisiológicos relacionados ao crescimento vegetativo e à reprodução.

O período de formação de frutos maduros, verificado por Cavalcanti et al. (2008b), ocorreu de dezembro a fevereiro, diferindo consideravelmente dos períodos observados neste estudo, em que a colheita esteve concentrada de março a abril, nas safras 2012-2013 e 2013-2014, e de fevereiro a junho na safra 2014-2015. O atraso do período de formação de frutos maduros no umbuzeiro, principalmente na última safra avaliada, provavelmente, deve ter como principal causa a falta de chuvas após os primeiros fluxos de floração.

A aplicação de irrigação em plantas adultas de ocorrência espontânea em ambiente natural logo após o início da brotação no mês de setembro favorece a capacidade de formação de frutos em umbuzeiros (Cavalcanti et al., 2008a). Neste estudo, foi realizada a aplicação, entre julho e outubro de 2007, de lâmina d'água de 98,9 mm de uma única vez (equivalente à média

de uma série histórica de 43 anos precedentes ao ciclo avaliado, para os meses de setembro e outubro, distribuídos em quatro quadrantes de 2 m<sup>2</sup> cada, alocados sob a projeção da copa). Observou-se que houve maior emissão de botões florais nas plantas irrigadas, alcançando 84% dos ramos previamente marcados comparados aos 36,5% observados em plantas não irrigadas. Observou-se, também, 90,29% de panículas com flores abertas, comparados aos 72,63% alcançados no controle; 32,17% de aborto de flores, comparados aos 76,42% nas plantas sem irrigação; e 67,8% das panículas apresentando frutos aos 5 dias de desenvolvimento, comparados aos 23,5% alcançados pelas panículas do grupo controle (Cavalcanti et al., 2008a).

A instabilidade de produção verificada neste estudo pode indicar que, além do efeito da deficiência hídrica, os indivíduos não atingiram a estabilidade produtiva. A produção de plantas de umbuzeiros obtidas a partir desementes pode iniciar após os 10 anos de idade em condições de dependência de chuva, ou sequeiro, e perdurar por dezenas de anos (Mendes, 1990; Araújo, 2007).

Informações sobre a estabilidade de produção por indivíduo ao longo de uma série temporal são escassas. É provável que a estabilidade produtiva seja alcançada quando o porte da planta alcança dimensões características de indivíduos adultos. As plantas estudadas apresentavam, em geral, em torno de 3 metros de altura e 4 metros de diâmetro de copa, valores abaixo de indivíduos adultos de ocorrência espontânea na região, que podem alcançar até 6-7 metros de altura e 10 metros de diâmetro de copa, aproximadamente (Santos, 1997).

Além disso, parte da variabilidade de produção pode estar relacionada, também, à bionalidade, ou seja, alternância de safras no umbuzeiro. Neste último caso, a produção de um ano pode diminuir as reservas nutritivas depauperando a planta para a produção do ano seguinte, no qual o investimento dos recursos disponíveis para o crescimento vegetativo passa a ser favorecido em relação à reprodução. No entanto, a questão de bionalidade não pôde ser confirmada neste estudo, pois as condições de disponibilidade de água de chuva entre os diferentes anos avaliados não permitiram uma comparação consistente de produção. Para que este comportamento possa ser confirmado, a produtividade deve ser monitorada por maior número de anos consecutivos, incluindo períodos mais homogêneos quanto às condições climáticas.

O crescimento inicial lento e a reduzida frutificação do umbuzeiro na primeira década de cultivo, em condição dependente de chuva na região de Petrolina, PE, são indicados como justificativas para a sua baixa competitividade comparada com a de outras espécies frutíferas exploradas comercialmente na região (Santos, 2011). No entanto, para fins de comparação, exige-se que as condições de manejo sejam semelhantes para as espécies a serem avaliadas, em termos de adubação, irrigação e demais tratamentos culturais, visando uma avaliação mais adequada de desempenho agrônômico.

Os maiores teores de *SS* e *AR* da polpa, em geral, na safra 2013-2014, esteve associado a um aumento do volume de precipitações pluviométricas de 151,7 mm, conforme acumulado na safra 2012-2013, para 338,7 mm, na seguinte. A maior disponibilidade de água ao longo da safra favorece o crescimento vegetativo que, com maior densidade foliar, promove maior assimilação fotossintética e, conseqüentemente, uma maior síntese e acúmulo de carboidratos. Os carboidratos produzidos nas folhas pelo processo fotossintético são direcionados para os frutos durante sua fase de formação por meio do tecido floemático. De acordo com a teoria de fluxo de pressão, o carregamento ocorre na forma de sacarose. Este açúcar tende a diminuir o potencial da água nos elementos de tubo crivado que, por sua vez, provoca a entrada de água no cilindro vascular por diferença de potencial, gerando pressão de turgescência. A pressão de turgescência gerada é responsável pelo transporte de solutos orgânicos no floema até o descarregamento nos frutos em desenvolvimento, atuando como drenos (Taiz; Zeiger, 2003). Desta forma, além de fornecedora de elétrons para a produção de carboidratos pelo processo fotossintético, a água é necessária para o transporte de sacarose pelo floema e, conseqüentemente, acúmulo de açúcares nos frutos.

De acordo com Santos (1997), em um estudo contemplando a variabilidade fenotípica existente em diferentes populações do Semiárido, os frutos de umbuzeiro apresentam teor médio de *SS* de 12° Brix. Os maiores teores de *SS*, na safra 2013-2014, para os acessos BGU 48, BGU 52 e BGU 55, variando de 12,8 °Brix a 13,6 °Brix, demonstra o maior potencial destes acessos para aceitação no mercado, tendo em vista a preferência dos consumidores da região por frutos mais doces. A identificação de plantas com potencial de desenvolver frutos com teores mais elevados de *SS* e em de uma faixa pré-definida como adequada a determinados mercados pode permitir, com alguma segurança, uma estimativa de oferta de umbus com características superiores (Lima; Silva, 2016).

Os compostos químicos majoritários entre os sólidos solúveis presentes na polpa de qualquer fruto ou hortaliça são os açúcares solúveis. Não tendo sido identificadas diferenças estatísticas no teor de *AST* entre os acessos dentro de uma mesma safra ou entre safras, é possível que as variações registradas nos teores de *SS* entre eles estejam relacionadas com outros compostos presentes na polpa do umbu, como ácidos orgânicos, pigmentos, pectinas, entre outros. Estes ou, pelo menos, algum deles podem ter se acumulado em maior ou menor intensidade, gerando variações nos teores de *SS*, mesmo com teores de *AST* equivalentes.

A superioridade do genótipo *BGU 55* em relação aos teores de *AR* nas duas safras avaliadas confirma sua posição de destaque quanto ao sabor adocicado da polpa. Ressalta-se, também, os teores de *AR* estáveis do genótipo *BGU 37* entre as safras estudadas, sinalizando maior facilidade de padronização dos frutos nos mercados de fruta fresca ou processada.

Durante a maturação, ocorrem alterações nas frações dos compostos pécticos da parede celular, com perda de açúcares neutros e aumento na solubilidade dos poliuronídeos, por meio de reações de despolimerização. Com isso, há aumento na proporção de pectinas solúveis, contribuindo diretamente para o amaciamento. Em umbu, há diminuição nos teores de compostos pécticos para menos de  $1,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , nos frutos maduros (Narain et al., 1992; Dantas Júnior, 2008).

As maiores porcentagens de pectinas nos frutos para *BGU 37*, nas duas safras avaliadas, e, para *BGU 48* e *BGU 68*, na segunda, podem sugerir uma vantagem relativa destes acessos para o transporte em função de maior firmeza da polpa esperada, no estágio de maturidade fisiológica, que é denominado vulgarmente como “inchado”, bem como para a elaboração de produtos processados, a partir da polpa, com estrutura mais firme.

Além do efeito das condições de disponibilidade hídrica de uma safra para outra, as diferenças de qualidade de polpa observadas entre os acessos avaliados também podem ser explicadas pela variabilidade genética.

Os estudos conduzidos até o momento quanto às características diferenciadas de acessos ainda são insuficientes para definir um uso comercial mais racional ao umbu bem como para agregar valor aos frutos e seus derivados. Em contexto mais geral, a atividade demanda seleção de acessos com aptidão para o mercado in natura e para indústria, a defini-



ção de métodos de propagação que permitam produção precoce, o desenvolvimento de técnicas de manejo que reduzam a sazonalidade e a variação na qualidade dos frutos. A superação destes desafios contribuiria para ampliar a inserção no mercado (Lima et al., 2018). Estudos de comportamento produtivo de umbuzeiros, visando à formação de conhecimento técnico para o estabelecimento de pomares comerciais são escassos na literatura e informações sobre capacidade produtiva e qualidade da polpa dos frutos são fundamentais para a seleção de variedades mais promissoras.

Para consumo in natura, frutos de maior tamanho e sabor diferenciado de polpa constituem importantes características que podem potencializar o apelo comercial de determinadas variedades. Estas características são importantes como diferenciais de produção dentro de um mercado em que predomina a oferta de frutos de umbuzeiro oriundos do extrativismo, com qualidade variável. Para a implantação de áreas com o objetivo de produzir frutos para a industrialização, a produtividade deve ser priorizada na seleção dos acessos, uma vez que as características de qualidade de polpa podem ser ajustadas durante a fase de processamento.

## Conclusões

---

O plantio de umbuzeiros objetivando a produção de frutos com massa média maior que a esperada para o padrão da espécie, na região de Petrolina, PE, pode ser realizado com a escolha dos acessos BGU 48 e BGU 68.

Para a produção de frutos com características diferenciadas de qualidade química de polpa, o genótipo BGU 55 se destacou com maiores concentrações de açúcares redutores e a tendência para maiores valores médios de açúcares solúveis, relacionados ao sabor mais adocicado; enquanto os acessos BGU 37, BGU 48 e BGU 52 se destacaram pelos maiores teores médios de SS.

Quanto à produção total de frutos, posição de destaque foi observada para os acessos BGU 30, BGU 37 e BGU 52 em apenas uma safra dentre as avaliadas, indicando sua maior viabilidade para o plantio considerando-se a maior produtividade em condições de sequeiro, ou seja, de dependência de chuvas.

Na safra com maior pluviosidade, os efeitos significativos observados sobre o aumento da massa média dos frutos e das concentrações de compostos relacionados ao sabor mais adocicado e, possivelmente, mais nutritivo, sugere que o uso de complementação hídrica durante a fase reprodutiva em anos com volume de precipitações pluviométricas abaixo da média histórica, pode favorecer os índices técnicos de produtividade da cultura na safra corrente, pelo menos. Além disso, estas características de qualidade de frutos estão relacionadas a sua maior aceitação por consumidores finais e setores de beneficiamento.

Considerando-se que a distribuição de chuvas e os volumes acumulados de precipitação foram abaixo do esperado para a região, estudos futuros sobre o comportamento fenológico e de produção de frutos devem ser realizados sob condições meteorológicas mais representativas da série histórica na região para uma caracterização complementar do potencial de cultivo dos acessos estudados.

Tendo em vista a necessidade de polinização cruzada para uma maior eficiência reprodutiva da espécie, o que pode ser alcançada pelo cultivo de, pelo menos, dois acessos distintos de umbuzeiro em um mesmo sistema de cultivo, combinações de plantio com os acessos promissores apontados neste estudo podem ser realizadas com o objetivo de estabelecer o manejo produtivo, principalmente sob situações de baixa densidade de indivíduos da espécie de ocorrência espontânea na região desejada para plantio.

## Referências

---

ALBUQUERQUE, S. G. Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the semi-arid Northeast, Brazil. *Journal of Range Management Archives*, v. 52, n. 3, p. 241-248, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 11 ed. Washington, 2010.

ARAÚJO, F. P.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. **Fruticultura de sequeiro: uma janela para o desenvolvimento sustentável**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2006. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 73).

ARAÚJO, F. P. **Umbuzeiro: valorize o que é seu**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 35 p.

ARAÚJO, F. P.; AIDAR, S. T.; MATTA, V. M.; MONTEIRO, R. P.; MELO, N. F. **Extrativismo do umbu e alternativas para a manutenção de áreas preservadas por agricultores familiares em Uauá, BA**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. (Embrapa Semiárido. Documentos, 272). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146688/1/SDC272.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2021.

BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universitária UFPE, 2003. p. 657-693.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, v. 54, p. 484-489, 1973.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Efeito da aplicação de irrigação na fenologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE UMBU, CAJÁ E ESPÉCIES AFINS, 2008, Recife. **Anais...** Recife: IPA, 2008a. 1 CD-ROM.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Fenologia reprodutiva do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE UMBU, CAJÁ E ESPÉCIES AFINS, 2008, Recife. **Anais...** Recife: IPA, 2008b. 1 CD-ROM.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Densidade e produtividade de plantas nativas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arruda) na Caatinga da Bahia e Pernambuco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE UMBU, CAJÁ E ESPÉCIES AFINS, 2008, Recife. **Anais...** Recife: IPA, UFRPE, 2008c. 1 CD-ROM.

DANTAS JÚNIOR, O. R. **Qualidade e atividade antioxidante total de frutos de acessos de umbuzeiro**. 2008. 90 f. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia.

DEMIG-ADAMS, B.; ADAMS, W. W. The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. **Trends in Plant Science**, v.1, n.1, p. 21-26, 1996.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F.; ARAÚJO, J. L. P.; OLIVEIRA, V. R. de; SÁ, I. B.; TAURA, T. A. Caracterização ambiental do Semiárido brasileiro. In: DRUMOND, M.A.; AIDAR, S. T.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. de (ed.). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. cap. 1, p. 17-49.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, W. P. M.; AGUIAR, L. M. S.; MAGALHÃES, P. C.; LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; COSTA, T. C. C. Clima, época de plantio e zoneamento agrícola. In: CRUZ, J. C.; MAGALHAES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (ed.). **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. cap. 1, p. 19-26.

FISCHER, G.; RAMÍREZ, F.; CASIERRA-POSADA, F. Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change: a review. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 2, maio/ago. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652016000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652016000200008). Acesso em: 8 mar. 2021.

GUERRA, P. B. O. **O umbuzeiro: a civilização da seca**. Fortaleza: DNOCS, 1981. p. 186-188.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1996. 44 p.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, S. M. Qualidade e conservação pós-colheita. In: DRUMOND, M. A.; AIDAR, S. de T.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. de. (ed.). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. cap. 6, p. 177-215.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, S. de M.; OLIVEIRA, V. R. de. Umbu - *Spondias tuberosa*. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.; BRITO, E. (ed.). **Exotic fruits: reference guide**. London: Academic Press, 2018, v. 1, p. 427-433.

LONGMAN, K. A.; JENIK, J. **Tropical forest and its environment**. 2 nd. ed. New York: Longman, 1987. 347 p.

LOPEZ, G.; BEHBOUDIAN, M. H.; GIRONA, J.; MARSAL, J. Drought deciduous fruit trees: implications for yield and fruit quality. In: AROCA, R. (ed.). **Plant responses to drought stress: from morphological to molecular features**. Berlin: Springer, 2012. cap. 17, p. 441-459.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; NASSIF, D. S. P.; COSTA, L. G.; VIANNA, M. S.; CARVALHO, K. S. Crop coefficient changes with reference evapotranspiration for highly canopy-atmosphere coupled crops. **Agricultural Water Management**, v. 163, n. 1, p. 139-145, 2016.

MCREADY, R. M.; MACCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material in fruits. **Analytical Chemistry**, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do Semi-Árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 63 p. (ESAM. Coleção Mossorense, série C, v. 564).

MENZEL, A. Phenology: its importance to the global change community. **Climatic Change**, v. 54, n. 4, p. 379-385, 2002.

MERTENS, J.; GERMER, J.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga? **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842017000300542](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842017000300542). Acesso em: 4 maio 2021.

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

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 2, p. 37-59.

NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, v. 44, n. 4, p. 255-259, 1992.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanálise**, 2001. Disponível em: [http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman/revista/pdf/artigo\\_variabilidade\\_dez01.pdf](http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman/revista/pdf/artigo_variabilidade_dez01.pdf). Acesso em: 10 fev. 2021.

PALIYATH, G.; SUBRAMANIAN, J.; LIM, L-T.; SUBRAMANIAN, K. S.; HANDA, A. K.; MATTOO, A. (ed.). **Postharvest biology and nanotechnology**. New Jersey: Wiley Blackwell, 2019. 403 p.

PINTÓ-MARIJUAN, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Photo-oxidative stress markers as a measure of abiotic stress-induced leaf senescence: advantages and limitations. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 14, p. 3845-3857, 2014. DOI: 10.1093/jxb/eru086.

QUEIROZ, M. A.; NASCIMENTO, C. E. S.; SILVA, C. M. M.; LIMA, J. L. S. Fruteiras nativas do Semi-Árido do Nordeste brasileiro: algumas reflexões sobre os recursos genéticos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP, 1993. p. 131.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 923-930, set. 1997.

SANTOS, C. A. F. Relação entre caracteres de produção do umbuzeiro com características químicas e teor de água do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 20, n. 2, p. 206-212, ago. 1998.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAMPOS, C. O. Preservação da variabilidade genética e melhoramento do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 2, p. 104-109, ago. 1999.

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

SANTOS, C. A. F. Aspectos botânicos, dispersão geográfica e potencial de exploração agrônômica do umbuzeiro. In: LUCENA, E. M. P. de; AMORIM, A. V. (org.). **Botânica e desenvolvimento sustentável**. Fortaleza: EdUECE, 2011. p. 303-305.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; dos ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa. 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 18 jan. 2021.

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L.T.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B.; SILVA, A. B.; SILVA, J. C. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e socioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, 1993. v. 2.

SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in Plant Science**, v. 5, n. 12, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11120476/>. Acesso em: 15 fev. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 954 p.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31579/1/SDC233.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

WAREING, P. F.; PHILLIPS, I. D. J. **Growth & differentiation in plants**. Oxford: Pergamon International Library, 1981.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 504-514, 1954.



---

*Semiárido*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL