



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS**



NATÁLIA DOS SANTOS BARROSO

**Qualidade de frutos e sementes de *Physalis* sp. cultivadas nas
condições do semiárido baiano**

NATÁLIA DOS SANTOS BARROSO

Qualidade de frutos e sementes de *Physalis* sp. cultivadas nas condições do semiárido baiano

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Dra. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro

Co-orientadora: Dra. Claudinéia Regina Pelacani Cruz

Feira de Santana - BA
2019

Ficha catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

Barroso, Natália dos Santos
B285q Qualidade de frutos e sementes de *Physalis* sp. cultivadas nas condições do semiárido baiano / Natália dos Santos Barroso. – Feira de Santana, 2019. 82 f.: il.

Orientadora: Marilza Neves do Nascimento Ribeiro.
Coorientadora: Claudinéia Regina Pelacani Cruz.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéricos Vegetais, 2019.

1. Solanaceae. 2. fisális. 3. Frutas pequenas. 4. Germinação de sementes. I. Ribeiro, Marilza Neves do Nascimento, orient. II. Cruz, Claudinéia Regina Pelacani, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 582.951.4

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manuela Oliveira de Souza
(Universidade Federal do Recôncavo da Bahia)



Prof^ª. Dr^ª. Sheila Vitória Resende
(Universidade Federal da Bahia)



Prof^ª. Dr^ª. Alone Lima Brito
(Universidade Estadual de Feira de Santana)



Prof^ª. Dr^ª. Andrea Vita Reis Mendonça
(Universidade Federal do Recôncavo da Bahia)



Prof^ª. Dr^ª. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro
(Universidade Estadual de Feira de Santana)
Orientadora e Presidente da Banca

*Aos meus pais, Antônia e Joseval, pelo apoio e amor incondicional, e a Melque,
por todo companheirismo ao longo dessa jornada, dedico...*

*Aos meus Mestres (professores e alunos), por todo
conhecimento construído até aqui, ofereço...*

AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

À minha orientadora Marilza Ribeiro, por estar sempre disponível, pelo apoio e incentivo, pelas valiosas orientações e pela paciência e compreensão durante todos esses anos.

À minha coorientadora Claudineia Pelacani, pelo acolhimento desde a iniciação científica, por me guiar nos primeiros passos, por compartilhar seus conhecimentos, pela compreensão e paciência ao longo destes nove anos de convivência.

Aos colegas do Laboratório de Germinação de Sementes (LAGER) pelas vivências compartilhadas, em especial, Lourival Neto, David Santana, Alismário e Carol pela ajuda nos experimentos.

À Josandra Fonseca, minha sempre dedicada e disponível amiga, por todo conhecimento que construímos juntas, por todo desassossego e apoio compartilhado a cada experimento repetido, por todo companheirismo, conversas e risadas durante a construção deste trabalho.

À Cristiane Amaral, que apareceu no fim, mas que foi de grande importância nessa jornada. Muito obrigada pela amizade, por todo apoio, risadas, confiança, incentivo e conhecimentos construídos.

À Uasley Caldas, o grande mestre, pela prestatividade e colaboração nos experimentos. Pelo consolo nos momentos de dificuldade sempre me dizendo: “No final tudo dá certo jovem!”.

Aos funcionários do Horto Florestal, em especial André, Marcos, Val e Dona Claudia, por toda colaboração nos experimentos, disponibilidade e amizade.

Às minhas amigas queridas, Mileide, Nanah e Vel, alguns dos melhores frutos do doutorado, pela ajuda nos experimentos, pelos almoços regados a muita terapia de grupo e risadas, por toda torcida e incentivo em tudo na minha vida e por estar sempre do meu lado me apoiando mesmo estando há quilômetros de distância.

Aos meus amigos e a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu amor e companheiro, Melque, por estar sempre ao meu lado me apoiando, incentivando e auxiliando nos trabalhos com muito amor e paciência e por sempre me dar forças para prosseguir.

À toda minha família, por compreender a ausência no dia a dia, pelo incentivo e amor. Em especial Andre e Marluce pelo acolhimento, amor, apoio e incentivo quando tudo ainda era sonho. A minha mãe, meu pai, meus irmãos e meus sobrinhos, pelo amor, incentivo e energia para seguir.

À energia maior que rege esse universo, Deus, que me mantém firme para alcançar meus objetivos e me permitiu concluir mas essa etapa da minha formação.

(O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001).

“Em um estado sombrio nós nos encontramos... um pouco mais de conhecimento iluminar nosso caminho pode”.

Mestre Yoda

RESUMO

BARROSO, N.S. **Qualidade de frutos e sementes de *Physalis* sp. cultivadas nas condições do semiárido baiano** 82p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2019.

Ao gênero *Physalis* são atribuídos diversos potenciais e usos biotecnológicos. Os frutos de espécies do gênero por seu sabor agradável, diversidade de uso, valor nutricional e terapêutico, e por demonstrar desempenho interessante em regiões quentes e secas, tem aumentado o cultivo em vários países. Para expandir o plantio desta espécie frutífera no Brasil, o entendimento acerca da influência das condições edafoclimáticas durante o cultivo nas características físicas e físico-químicas dos frutos é necessário, pois as condições ambientais durante o seu desenvolvimento têm relevante influência nos atributos dos frutos ao longo da maturação, na produtividade e vigor das sementes. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi acompanhar a maturação dos frutos de duas variedades ('roxa' e 'verde') de *P. ixocarpa* e de *P. peruviana* por meio da caracterização física e físico-química dos mesmos ao longo do seu desenvolvimento nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana – BA. Além disso, também avaliou a qualidade fisiológica das sementes durante os estádios de desenvolvimento do fruto. Para atender aos objetivos descritos, foram realizados ensaios de cultivo em campo no Horto Florestal (HFUEFS) e de germinação no Laboratório de Sementes (LAGER) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) na, Bahia. Os frutos foram coletados em diferentes estádios de maturação e foram avaliadas as seguintes características: cor, massa fresca, comprimento, diâmetro e teores de sólidos solúveis totais dos frutos. As sementes coletadas em diferentes estádios de maturação foram avaliadas quanto ao teor de água e massa de matéria seca. A germinabilidade e o vigor das sementes foram verificados por meio de teste de germinação e emergência de plântulas. Observou-se que as modificações nas características dos frutos seguem mesma tendência ao longo da maturação nas duas variedades de *P. ixocarpa* avaliadas, observando-se as melhores características para a colheita dos frutos quando o cálice está verde com partes secas, completamente expandido e rompido. A época de cultivo teve efeito significativo nas características dos frutos e no processo de maturação das sementes devendo este ser realizado nas condições ambientais do período de maio a agosto para a região de Feira de Santana-BA. As principais mudanças físicas e fisiológicas na maturação dos frutos de *P. peruviana* ocorreram até o estádio 3. Este coincide com a máxima qualidade fisiológica das sementes. Contudo, a colheita de frutos com características requeridas para a comercialização deve ser realizada quando fruto e cálice estão completamente amarelos.

Palavras-Chave: Solanaceae, pequenas frutas, fisális, germinação de sementes.

ABSTRACT

The genus *Physalis* exhibits biotechnological potential. Its pleasant taste, diversified use, nutritional and therapeutic value and good performance in hot dry regions have increased cultivation of the fruit in several countries. In order to expand the planting of these fruit trees in Brazil, it is important to understand the influence of soil and climate conditions on the physical and physicochemical traits of the fruits, since environmental conditions during their development have a significant effect on their attributes during maturation, yield and seed vigor. As such, the aim of this study was to monitor the maturation of two varieties (purple and green) of *P. ixocarpa* and *P. peruviana*, via physical and physicochemical characterization over the course of their development under the soil and climate conditions of Feira de Santana, Bahia state, Brazil. The physiological quality of the seeds was also assessed during the developmental stages of the fruit. In order to meet the aforementioned objectives, crop field and germination tests were conducted at the Forest Garden (HFUEFS) and Seed Laboratory (LAGER), respectively, of Feira de Santana State University (UEFS). The fruits were collected in different maturation stages and the following traits were assessed: color, fresh weight, length, diameter and total soluble solids. Seeds recently taken from the fruits collected in different maturation stages were assessed for water content and dry weight. After drying for 72 hours at ambient condition, the seed germinability and vigor were determined using the germination test and seedling emergence. Changes in fruit traits follow the same trend over the course of maturation in the two varieties of *P. ixocarpa* assessed, exhibiting better traits when the calyx is green with dry parts, completely expanded and ruptured. The growing season had a significant effect on fruit traits and seed maturation, and should occur between May and August in Feira de Santana, Bahia. The primary physical and physiological changes in the maturation of *P. peruviana* fruits occurred up to stage 3. This coincides with the maximum physiological quality of the seeds. However, fruits with the traits required for commercial purposes should be harvested when the fruit and calyx are totally yellow.

Keywords: Solanaceae, small fruits, fisalis, seed germination.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1. Morfologia de *P. ixocarpa*: (A) aspecto geral da planta durante a frutificação; (B) flor, aspectos externos; (C) sementes; (D) fruto, variedade roxa; (E) fruto, variedade verde19

Figura 2. Morfologia de *P. peruviana*: (A) aspecto geral da planta início da floração; (B) folhas; (C) flor, aspectos externos; (D) fruto, com e sem cálice; (E) sementes21

CAPÍTULO 1

Figura 1. Variações de temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax) do ar e precipitação (Precip) mensais do período experimental em Feira de Santana-BA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2017 42

Figura 2. Aspectos visuais dos frutos de *Physalis ixocarpa* em diferentes estádios de maturação da variedade ‘roxa’ – estágio E1 (A); E2 (B); E3 (C); E4 (D); E5 (E) – e da variedade ‘verde’ E1 (F); E2 (G); E3 (H); E4 (I); E5 (J) 44

CAPÍTULO 2

Figura 1. Variações de temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax) do ar e precipitação (Precip) mensais do período experimental em Feira de Santana-BA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2017 55

Figura 2. Frutos de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ (a; b; c; d; e) e ‘roxa’ (f; g; h; i; j), no interior do cálice Características do cálice e o fruto utilizadas para agrupa os estádios de maturação: Estádio 1- cálice verde e não completamente expandidos e o fruto não preenchendo o cálice; Estádio 2 - cálice verde e completamente expandido e o fruto não preenchendo o cálice; Estádio 3 - cálice verde e completamente expandido e o fruto preenchendo completamente o cálice; Estádio 4 - cálice verde com partes secas, completamente expandido e rompido e fruto o preenchendo completamente o cálice; Estádio 5 - cálice seco, completamente expandido e rompido e o fruto preenchendo completamente o cálice 56

Figura 3. Massa de matéria seca de sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ (a) e ‘roxa’(b) em cinco estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba 59

CAPÍTULO 3

Figura 1. Matéria fresca (A), comprimento (B), diâmetro (C) e teor de sólidos solúveis totais (SST) (D) de frutos de *Physalis peruviana* em cinco estádios de maturação (a; b; c; d; e)74

Figura 2. Teor de água (%) e massa de matéria seca (mg) de sementes nos cinco estádios de desenvolvimento dos frutos de *Physalis peruviana*76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Massa da matéria fresca (MF) de frutos em cinco estádios de maturação das variedades ‘roxa’ (R) e ‘verde’ (V) de *Physalis ixocarpa* produzidos em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba 45

Tabela 2. Comprimento (C), diâmetro (D) e teor de sólidos solúveis totais (TSS) de frutos em cinco estádios de maturação das variedades ‘roxa’ e ‘verde’ de *Physalis ixocarpa* produzidos em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba 46

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Teor de água (%) de sementes recém-extraídas de frutos de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ em cinco estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba 58

Tabela 2. Teor de água (%) de sementes recém-extraídas de frutos de *Physalis ixocarpa* ‘roxa’ em cinco estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba 58

Tabela 3. Germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ em diferentes estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba 62

Tabela 4. Germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de sementes *Physalis ixocarpa* ‘roxa’ em diferentes estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba63

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de sementes de *Physalis peruviana* em diferentes estádios de maturação. Feira de Santana-BA, 201979

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERENCIAL TEÓRICO	14
1. O gênero <i>Physalis</i>	14
1.1 O cultivo de <i>Physalis</i>	16
1.2. <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. Ex Hormen	18
1.3. <i>Physalis peruviana</i> L.	19
2. Produção de frutíferas no semiárido	21
3. Maturação de frutos e sementes	23
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO I Desenvolvimento de frutos de fisális em função da época de cultivo no semiárido baiano	36
INTRODUÇÃO	38
MATERIAL E MÉTODOS	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS.....	46
CAPÍTULO II Influência de duas épocas de cultivo no semiárido baiano na maturação de sementes de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Hornem	49
INTRODUÇÃO	51
MATERIAL E MÉTODOS	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	64
CAPÍTULO III Influência das condições do semiárido na maturação de frutos e sementes de <i>Physalis peruviana</i> L.....	67
INTRODUÇÃO	69
MATERIAL E MÉTODOS	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS.....	80

INTRODUÇÃO GERAL

A procura por compostos bioativos em plantas ou em partes destas e por novos alimentos que possuam compostos benéficos à saúde humana vem crescendo cada vez mais, principalmente os que possuem importância alimentícia e medicinal de forma conjunta. O gênero *Physalis* apresenta um relevante papel nesse contexto, pois em todas as partes da planta encontram-se substâncias com atividade biológica já descrita na literatura, com ênfase para os compostos fenólicos e as fisalinas, aos quais se atribuem várias atividades farmacológicas (SILVA et al., 2016; TOMASSINI et al., 2000).

Devido à presença destes constituintes os frutos dessas espécies vêm sendo indicados como um potencial alimento funcional/ou nutracêutico, e cultivado em diferentes partes do mundo por estes se adaptarem a uma extensa faixa de condições ambientais (WHITSON; MANOS, 2005; KINDSCHER et al., 2012).

O consumo e comercialização de *Physalis* no Brasil vem aumentando pois, além de contribuir para a manutenção da saúde humana por serem fontes de nutrientes essenciais importantes como vitaminas, fósforo, ferro, flavonóides e fitoesteróides, minerais e fibras (EL SHEIKHA et al., 2010; PUENTE et al., 2011), seus frutos tem sabor agradável e podem ser consumidos *in natura*, em saladas ou na fabricação de doces de festa, geleias, sucos, sorvetes e iogurtes (MUNIZ et al., 2015). Entretanto, por ser um cultivo recente, poucas são as informações encontradas a respeito das necessidades nutricionais, condições edáficas e necessidades ambientais (umidade, temperatura, luminosidade etc.), que permitam o melhor desempenho em campo.

As condições ambientais durante o cultivo de *Physalis* exercem efeito significativo nas características do fruto ao longo dos estádios de maturação e influencia diretamente na obtenção de frutos e sementes de qualidade (DEMIR et al., 2008; DINIZ; NOVEMBRE, 2019). Estudos realizados com *P. peruviana* L. (PANAYOTOV; POPOVA, 2017) e *P. ixocarpa* Brot. Ex Hormen (BARROSO et al., 2018) demonstram que a depender da época de cultivo os frutos apresentam variações nas características físico-químicas e na qualidade. Diniz e Novembre (2019) observaram que as condições ambientais no momento de formação das flores influenciam nas características e na qualidade de frutos e sementes de *P. peruviana*.

Comparando estudos realizados em diferentes localidades, observa-se que a influência das condições edafoclimáticas do local de cultivo no processo de maturação de frutos tem efeito na velocidade de alcance da maturidade e na manutenção da qualidade das sementes

(BARROSO et al., 2018; DINIZ; NOVENBRE, 2019). Sementes de *P. angulata* obtidas de cultivo em Curitiba (PR) por Carvalho et al. (2014) apresentaram máxima germinação e vigor quando o cálice se encontrava na coloração verde e diminuiu a viabilidade das sementes na medida em que os frutos amadureciam. Já as sementes provenientes de plantas cultivadas em Castanhal (PA) por Santiago et al. (2019) a viabilidade e germinabilidade das sementes de *P. angulata* aumenta na medida em que os frutos amadurecem. Além de influenciar no desenvolvimento das sementes, as características ambientais do local de cultivo podem influenciar no número de sementes por fruto e no peso das sementes, conforme demonstrado por Fischer et al., (2007) para a espécie *P. peruviana*.

Variações também podem ocorrer durante todo o ciclo da planta dependendo do genótipo, posição do fruto na planta, posição da semente dentro do fruto e do estágio desenvolvimento da planta (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MAZORRA et al., 2003).

Predizer o momento em que os frutos e as sementes de *Physalis* alcançam a melhor qualidade e o momento ideal para a colheita de acordo com suas características ao longo do desenvolvimento em diferentes condições ambientais, possibilita o aumento da capacidade de exploração desse recurso e contribui para obtenção e frutos de qualidade e de sementes mais vigorosas para serem utilizadas para a propagação e conservação desse importante gênero.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento dos frutos e sementes de *Physalis ixocarpa* e *P. peruviana* cultivados nas condições do semiárido baiano. Para isto, buscou-se avaliar as características físicas e físico-química dos frutos em diferentes estádios de maturação e estabelecer um indicador de ponto de colheita dos frutos maduros; verificar a influência da época de cultivo nas características dos frutos e determinar o melhor período de cultivo; e avaliar a qualidade fisiológica das sementes durante os estádios de desenvolvimento do fruto para assim determinar um indicador de ponto de colheita de sementes com máxima viabilidade. Desta forma, contribuir com o desenvolvimento desta cultura na região e colaborar com o aumento da capacidade de exploração desse recurso com grande potencial.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. O gênero *Physalis*

Espécies do gênero *Physalis* estão entre as frutíferas não tradicionais, nativas ou exóticas, pouco exploradas economicamente no Brasil, que tem despertado interesse de mercado em decorrência das suas propriedades organolépticas (sabor, cheiro e cor) e medicinais (WATANABE; OLIVEIRA, 2014; MUNIZ et al., 2015).

Pertencente à família Solanaceae, estão incluídas no gênero *Physalis* aproximadamente 90 espécies nativas das Américas (EUA, América Central, e América do Sul), exceto *P. alkekengi* L. que possui distribuição euroasiática (BARBOZA et al., 2016), tendo o México como centro de diversidade, com mais de 70 espécies, muitos dos quais são endêmicos (MARTINEZ, 1998). *Physalis* é composto principalmente por ervas anuais ou perenes, que apresentam flores pentâmeras, solitárias, com coloração amarela esverdeada ou esbranquiçada (MARTINEZ, 1998) e são facilmente reconhecidas na frutificação devido ao cálice acrescente durante o desenvolvimento do fruto (SOARES et al., 2009).

Os cálices destes frutos desempenham funções importantes durante o desenvolvimento e no período de colheita e pós-colheita. Estes participam da produção e translocação de fotossimilados, principalmente sacarose, na fase inicial do crescimento dos frutos, e quando eliminados observa-se desenvolvimento mais lento dos frutos (FISCHER; LUDDERS, 1997; LI et al., 2019). Atua protegendo o fruto de condições climáticas extremas formando um microclima para controlar as variações de temperatura e a perda de água durante o desenvolvimento dos frutos (LI et al., 2019). Promove ainda proteção contra danos mecânicos, doenças, insetos e pássaros (FISCHER et al., 2011). Além disso, essa estrutura facilita a dispersão de frutas e sementes, de modo que frutas com essas estruturas podem ter maior potencial para serem distribuídas em nichos ecológicos mais amplos (LI et al., 2019).

No momento da colheita a mudança na coloração do cálice é utilizada como característica visual indicativa da maturidade dos frutos na maioria das espécies do gênero, ou o rompimento do cálice no caso de *P. ixocarpa* (MAZORRA et al., 2003; BARROSO et al., 2017). Conforme observado no estudo de Balaguera-López et al. (2014) a manutenção do cálice após a colheita garante melhor desempenho pós-colheita, pois a produção de etileno é significativamente menor em comparação com os frutos sem cálice, conseqüentemente, a perda de peso, firmeza e acidez total titulável são menores mantendo os cálices nos frutos de *P. peruviana*. Sua presença leva também a uma mudança de coloração mais lenta, assim como

menor acúmulo de sólidos solúveis totais e taxa de maturação (BALAGUERA-LÓPEZ et al., 2014), garantindo maior vida de prateleira e manutenção das características organolépticas.

O cálice, além de desempenhar papéis importantes na fisiologia dos frutos de *Physalis* e proporcionar melhor desempenho pós-colheita, agrega valor ao cultivo destas espécies pois estes são utilizados na decoração de doces de festas e em trabalhos artesanais (MUNIZ et al., 2015). Do cálice são extraídos compostos com grande potencial para o tratamento e/ou prevenção de doenças (LV et al., 2018), bem como demonstra potencial para ser utilizado no tratamento de água contaminada por metais pesados (GARCÍA-MENDIETA et al., 2012). Ademais, a presença do cálice frutífero intumescido que envolve completamente o fruto e muda de cor durante a maturação e por apresentar muitas ramificações e folhas verdes e membranáceas faz com que as plantas de *Physalis* possam ser ainda ser utilizadas como ornamentais (BOSCH, 2014).

Os frutos carnosos de *Physalis* são consumidos *in natura*, em forma de geleia, compota, utilizados em docinhos de festas (MUNIZ et al., 2015), molhos ou saladas e são também fonte de compostos benéficos para a saúde humana. Estes são ricos em minerais, principalmente fósforo, vitaminas do complexo B, vitamina C, K 1 e D, fibras, ácido linoleico- α , ácidos graxos essenciais, aminoácidos essenciais, polifenóis e carotenoides (EL SHEIKHA et al., 2010; PATEL et al., 2011; LI e QIAN-QIAN, 2012). Os frutos possuem ainda potencial medicinal, pois entre os seus constituintes encontra-se compostos com atividade biológica, como os vitaesteróides. Esse potencial tem sido verificado em extratos de frutos de diferentes espécies os quais tem demonstrado elevado potencial antioxidante (BERGIER et al., 2012; SEVERO et al., 2010), atividade inibidora contra células tumorais humanas (KENNELLY et al., 1997; LI et al., 2014), antibacteriana (DONKOR et al., 2012) e antidiabética (POOJARI et al., 2014).

Dos extratos brutos das folhas, ramos e raízes, podem ser extraídos ainda mais 216 compostos os quais podem apresentar várias propriedades biológicas, principalmente antitumorais, anti-inflamatório, antimicrobiano, antimalárico, antioxidante, antinociceptiva, anti-Trypanosoma cruzi e atividade anti- Leishmania, e têm grande potencial para serem desenvolvidos novos fármacos (ZHANG; TONG, 2016). O valor terapêutico desse gênero é atribuído a produção de substâncias pertencente ao grupo dos vitaesteróides, como fisalinas, vitanolídeos, vitafisalinas, ixocarpalalactonas, entre outros (TOMASSINI et al., 2000).

Mesmo com o elevado potencial do gênero apenas algumas espécies são utilizadas e investigadas, como a *P. angulata*, *P. minima*, *P. peruviana*, e *P. longifolia* e *P. alkekengi* devido aos compostos isolados e identificados com grande valor terapêutico (ZHANG; TONG, 2016). *P. alkekengi* é muito utilizada como ornamental devido ao cálice inflado de coloração vermelha

(BARBOZA et al., 2016) e *P. ixocarpa* e *P. peruviana* amplamente cultivadas para fins alimentícios (SAMUELS, 2015).

1.1 O cultivo de *Physalis*

Espécies do gênero *Physalis* têm sido introduzidas em regiões quentes em todo o mundo (WHITSON; MANOS, 2005; KINDSCHER et al., 2012) por apresentar elevada adaptabilidade a uma extensa faixa de condições ambientais e por seu cultivo relativamente simples com baixo custo de implantação (MUNIZ et al., 2015). Dentre as espécies mais conhecidas pela utilização dos seus frutos na alimentação humana, estão a *P. ixocarpa* e *P. peruviana*.

No Brasil, o cultivo teve início em 1999 com a espécie *P. peruviana* na Estação Experimental de Santa Luzia/SP. Desde então tem sido cultivada em cidades do Rio Grande de Sul, São Paulo e Santa Catarina, pois nesses locais encontram-se condições climáticas semelhantes às condições indicadas para desenvolvimento e produção da espécie (RUFATO et al., 2008). Ainda que o cultivo de *P. peruviana* seja realizado em regiões de altitude e clima frio moderado, as temperaturas acima de 18°C são descritas como ideal para o cultivo dessa espécie (FISCHER et al., 2014) não impedem a produção desses frutos. Lima et al. (2010) em estudo realizado na região de Pelotas- RS, apontam que a temperatura ambiente em torno dos 25°C em meses de menor precipitação anual propiciou melhor desenvolvimento e produtividade dessas plantas, o que indica que o cultivo desta espécie pode ser expandido para outras regiões do Brasil.

Mesmo com elevado potencial *P. ixocarpa* não é cultivada e comercializada no Brasil, mas sua produção se dá em larga escala no México e nos Estados Unidos. O cultivo dessa espécie no México é realizado em ambientes com temperatura média, umidade relativa, e precipitação semelhante a encontrada no semiárido brasileiro. Estudos recentes realizados com a espécie na região de Lavras-MG e em Feira de Santana-BA demonstram que as características dos frutos cultivados nesses locais são semelhantes às encontradas em variedades amplamente cultivadas no México (SILVA et al., 2016; BARROSO et al., 2017), sugerindo que esta pode ser uma cultura interessante a ser investigada e introduzida no Brasil.

Apesar de serem produzidas em locais com altitude elevada, este não é um fator impeditivo a produção uma vez que estas espécies têm mostrado boa performance tanto ao nível do mar como em locais com grande elevação (RUFATO et al., 2008). Em estudos realizados no Brasil as espécies de *Physalis* demonstram bom desempenho em condições de campo, nos cultivos em vasos em casas de vegetação, bem como em sistemas hidropônicos (RODRIGUES et al., 2014b; BARROSO et al., 2017; LEITE et al., 2017). O manejo e tratamentos culturais são

semelhantes aos utilizados para o tomate, como o tutoramento, controle de plantas daninhas, irrigação e a recomendação de adubação (LIMA et al., 2009), sendo necessários estudos acerca das práticas de cultivos específicos para o melhor aproveitamento das espécies deste importante gênero.

Trabalhos desenvolvidos na região Sul do Brasil têm evidenciado que os tratos culturais, manejo e épocas de cultivo exercem forte influência sobre o desenvolvimento da planta e os atributos dos frutos (LIMA et al., 2009; LIMA et al., 2010; BETEMPS et al., 2014). O tipo sistema de tutoramento adotado tem demonstrado grande influência no desenvolvimento das plantas e no tamanho e qualidade do fruto produzido (LIMA et al., 2010; MUNIZ et al., 2011). Por ter ramificações densas e decumbentes, *Physalis* requer sistema de suporte, que quando realizado de maneira adequada proporciona maior distribuição da luminosidade, interferindo positivamente na atividade fotossintética da planta e na produção de açúcares, os quais são armazenados nos frutos (LIMA et al., 2009) e conseqüentemente no sabor e nas características físicas e químicas dos frutos produzidos (LIMA et al., 2009; MUNIZ et al., 2011).

A época de cultivo tem se destacado como um fator de grande relevância a ser investigando para a introdução de *Physalis* em uma região. Esta tem implicações na duração do ciclo da espécie, como observado em trabalhos realizados no Sul do Brasil com *P. peruviana* os quais mostraram que o desenvolvimento em épocas com temperatura mais quentes, na primavera ou no início do verão antecipa a fase de frutificação, diminuindo o tempo necessário para a colheita dos frutos. Já no inverno seu desenvolvimento é interrompido durante as geadas, causando prejuízos a colheita (LIMA et al., 2009; BETEMPS et al., 2014). As características do local de cultivo têm ainda papel importante em relação ao tamanho, massa fresca e seca, taxa de crescimento dos frutos e na duração do processo de maturação dos frutos e das sementes, como pode ser observado no estudo realizado por Mazorra et al. (2003) e Fischer et al. (2007). As condições ambientais durante o cultivo influenciam também na produção de compostos bioativos como visto no trabalho de Licodiedoff et al. (2013) no qual os teores de flavonoides dos frutos de *P. peruviana* variaram a depender do local onde foram produzidos.

Estes fatos evidenciam a necessidade de desenvolvimento de estudos voltados para avaliação das modificações nas características dos frutos cultivados em diferentes condições ambientais, para o melhor aproveitamento e expansão do cultivo deste gênero com grande potencial para outras regiões do país.

1.2. *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hormen

P. ixocarpa Brot (Figura 1) é uma cultura de importância hortícola, especialmente no México e na Guatemala onde é conhecida principalmente como tomate de cascara ou tomatillo. Esta espécie é popular por seus frutos, que podem ser consumidos *in natura* ou cozidos, sendo utilizados em variadas receitas na culinária tradicional mexicana, enquanto a casca também pode ser usada na preparação de massa para dar elasticidade extra (SAMUELS, 2015).

Esta espécie possui características morfológicas, nome popular e usos semelhantes ao atribuído a *P. philadelphica*. Essa semelhança, associada a grande diversidade genética, (ZAMORA-TAVARES et al., 2015) dificulta a identificação taxonômica dessas espécies, fazendo com que alguns autores as considerem como sinônimos e outros as classifiquem como espécies diferentes (MORICONI et al., 1990).

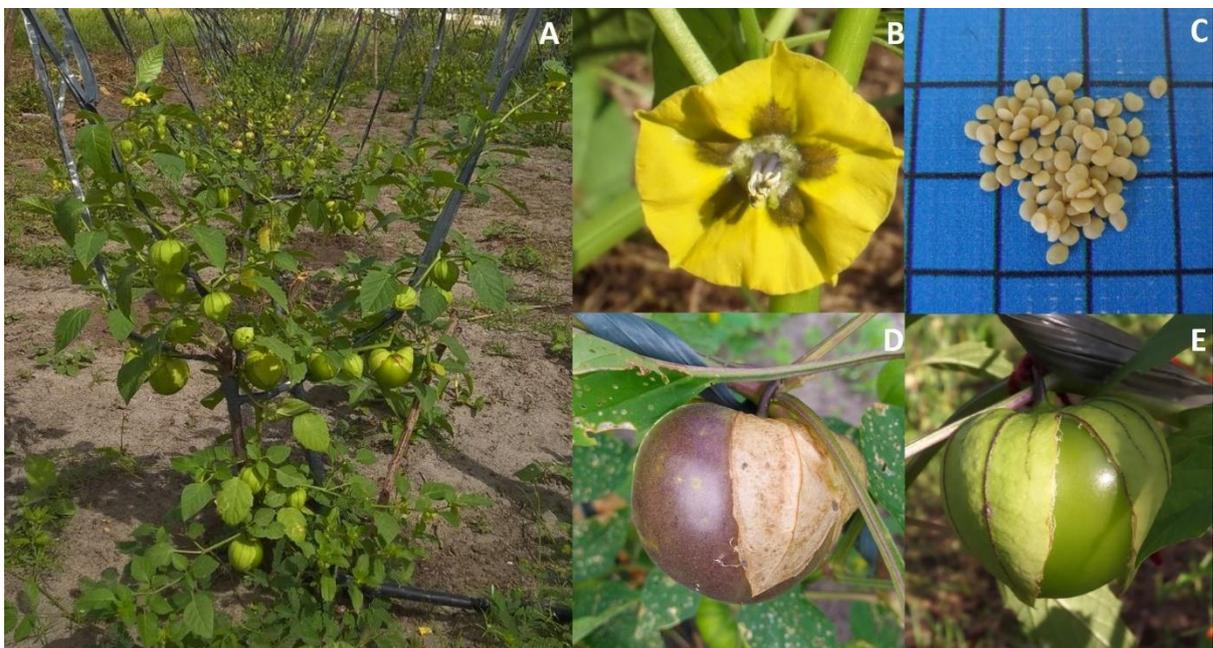


Figura 1: Morfologia de *P. ixocarpa*: (A) aspecto geral da planta durante a frutificação; (B) flor, aspectos externos; (C) sementes; (D) fruto, variedade roxa; (E) fruto, variedade verde. Fotos: Natália Barroso.

As plantas de *P. ixocarpa* são anuais e podem atingir de 1,2 a 1,5 m de altura. O caule é glabro, de porte prostrado ou semi-prostrado, o qual requer tutoramento para melhor o desempenho durante o cultivo (Figura 1A). As folhas são delgadas, dentadas e com pecíolos largos e as flores (Figura 1B) são axilares e solitárias, com cinco estames com anteras na cor púrpura, e corola gamopétala, característica do gênero, com cinco manchas marrons (WILLIAMS, 1914; MORTON; RUSSEL, 1954). A maioria das cultivares são de frutos verdes

(Figura 1E), mas algumas têm frutos roxos (Figura 1D) (SAMUELS, 2015), recoberto por um cálice que se rompe quando este atinge a maturidade. As sementes reniformes com coloração amarelo claro (Figura 1C) tem elevada germinabilidade, em torno de 90%, o que faz destas o principal meio de propagação da espécie (BARROSO et al., 2017).

A espécie possui grande potencial e representa um importante recurso genético a ser investigado. Além de utilizada na alimentação, a espécie é usada na medicina popular para tratar amigdalites, faringites e dores estomacais (HERNANDEZ; YANEZ, 2009). Dados da literatura mencionam que extrato etanólico do fruto possui atividade antibacteriana inibindo o desenvolvimento de *Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae* (KHAN et al., 2016), e a ixocarपालactona A presente nos frutos podem ter valor quimiopreventivo ou terapêutico no controle do câncer de cólon (CHOI et al., 2006), o que demonstra que este pode ser considerado um alimento nutracêutico, pois além de alimentação básica, previne ou trata doenças. O fruto desta espécie pode ser utilizado ainda como fonte de pectinas com grande potencial para uso na indústria de alimento (MORALES-CORTRERAS et al., 2018).

Estudos apontam ainda que o cálice desta espécie possui atividade antifúngica e tem potencial para o desenvolvimento de novas drogas e para o tratamento de doenças infecciosas (CAMPOS-PASTELIN et al., 2019). Além disso, seu cálice pode ser utilizado como agente biológico para retirar metais pesados em sistemas aquosos (biossorção), como ferro e manganês (GARCÍA-MENDEIETA et al., 2012) tornando-se uma alternativa economicamente atrativa para o tratamento de águas e efluentes contaminados.

1.3. *Physalis peruviana* L.

Denominada como aguaymanto ou tomatillo no Peru, uchuva na Colômbia, cape gooseberry em países de língua inglesa e simplesmente como fisális no Brasil, (RUFATO et al., 2008) a *P. peruviana* (Figura 2) é conhecida por seus frutos suculentos, amarelos ou alaranjados, que são envoltos em uma “casca”, formada a partir do persistente e inflado cálice na maturidade (SAMUELS, 2015).

P. peruviana é nativa dos Andes, mas sua produção se dá em larga escala em países sul-americanos, principalmente na Colômbia, e africanos, como Zimbábue, Quênia e África do Sul (FISCHER et al., 2011). Atualmente, na América do Sul, países como Equador, Peru, Chile e Brasil vem aumentando sua área de cultivo (FISCHER et al., 2014).

As plantas desta espécie são herbáceas, perenes, de porte prostrado que, quando tutorada, pode atingir 1 a 15 metros de altura (Figura 2A) (FISCHER, 2000). Os ramos e folhas são cobertos por numerosos tricômas (Figura 2B) (RODRIGUES et al., 2014a) e suas flores são

hermafroditas, pentâmeras e solitárias com corola gamopétala de cor amarela com manchas na parte intermediária, gamossépalas verde escura com abundante pubescência (Figura 2C) (LAGOS et. al, 2008). Os frutos (Figura 2D) são do tipo baga, com diâmetro entre 1,25 e 2,50 cm, massa de 4 a 10 g e contém entre 100 a 300 sementes por fruto (Figura 2E) (FISCHER, 2000), as quais apresentaram alta porcentagem de germinação, maior que 90%, quando colhidas de frutos a partir dos 50 dias de idade (MAZORRA et al., 2003). O fruto apresenta ainda um cálice acrescente que se encerra completamente durante o desenvolvimento (LAGOS et. al, 2008).

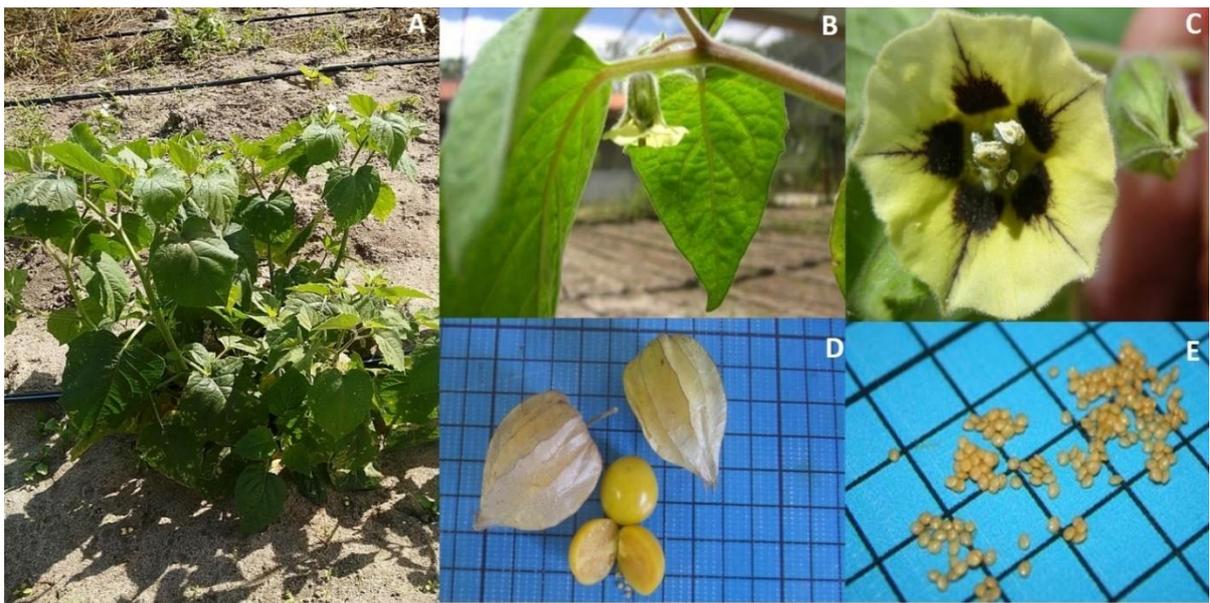


Figura 2: Morfologia de *P. peruviana*: (A) aspecto geral da planta início da floração; (B) folhas; (C) flor, aspectos externos; (D) fruto, com e sem cálice; (E) sementes. Fotos: (A) Hortência Kardec (2017) e (B, C, D e E) Cintia Souza (2015).

O fruto de *P. peruviana*, conhecido por suas propriedades organolépticas, é rico em nutrientes (vitaminas A e C, potássio, fósforo e cálcio) essenciais para saúde humana e compostos antioxidantes, como fenólicos, flavonoides, carotenoides (PUENTE et al., 2011). O elevado potencial antioxidante está fortemente relacionado ao valor terapêutico desta espécie, que tem sido demonstrado em estudos, os quais apontam que o extrato de *P. peruviana* apresenta atividades hepatoprotetora atuando na regeneração de células hepáticas e aumento de enzimas antioxidativas no fígado, atividade anti-inflamatória e efeito anticarcinogênico, atuando na indução de apoptose associada a disfunção mitocondrial de células hepatomas do fígado (RAMADAN, 2011; RAMADAN et al., 2015).

A demanda por estes frutos tem aumentado significativamente ao longo dos anos. Estes vêm sendo comercializados como frutos exóticos com elevado valor de mercado, custando em

média R\$ 31/ Kg nas CEASAs de São Paulo no ano de 2012 (WATANABE; OLIVEIRA, 2014). Além disso, esta espécie tem se destacado no mercado de consumo *in natura* e na produção de doces sofisticados para festas, podendo ser utilizado ainda na fabricação de geleias, sucos, sorvetes e iogurtes e seus cálices destinados a trabalhos artesanais (MUNIZ et al., 2015).

2. Produção de frutíferas no semiárido

O semiárido, nas últimas décadas, tem se destacado dentre os polos fruticultores brasileiros. A região se caracteriza por apresentar condições ambientes com forte insolação, temperaturas relativamente altas, precipitações inferiores a 800mm, e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um período de quatro meses (SILVA et al., 2010). Tais condições dificultam o bom desempenho de muitas culturas. Contudo, devido a projetos de irrigação e tecnologias de manejo foi possível a ampliação da produção de frutos. O polo agrícola Petrolina-PE/Juazeiro-BA, situado na região do Submédio do Vale do São Francisco, por exemplo, após implantação de projetos de irrigação, vem se destacando na produção de muitas culturas, como manga, uva, melão, maçã e banana, o que significou um salto nas exportações brasileiras de frutos *in natura* (BUSTAMANTE, 2009).

Apesar do clima predominantemente quente e seco durante grande parte do ano, a implementação de sistemas de irrigação no semiárido nordestino possibilitou a introdução de fruteiras de clima temperado e subtropical nesta região (BUSTAMANTE, 2009). A produção de frutas de clima temperado e subtropical contribui para a diversificação de culturas em áreas irrigadas do semiárido brasileiro (OLIVEIRA et al., 2013). Além disso, é uma alternativa para suprir a demanda destas no mercado nacional e internacional pois possibilita a colheita em épocas diferentes das regiões tradicionalmente produtoras, permitindo uma produção contínua e propiciando a oferta durante todo ano (FACHINELLO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

Neste cenário um segmento com grande potencial a ser explorado são as chamadas “pequenas frutas” que ainda são pouco exploradas no Brasil, mas verificam-se avanços na produção e comercialização (FACHINELLO et al., 2011). Estas são frutos do tipo baga, pequenos e delicados e são oriundos de clima frio, e dentre estas encontram-se morango, framboesa, mirtilo, amora, pitanga, araçá-amarelo e fisális (WATANABE; OLIVEIRA, 2014). Devido as qualidades nutricionais dos frutos e aos benefícios à saúde humana, em função da alta concentração de antocianinas, fenóis e elevada atividade antioxidante, os consumidores têm demonstrado interesse pelo seu consumo (ANTUNES, 2013), e sua comercialização e oferta tem aumentado nos últimos anos (WATANABE; OLIVEIRA, 2014).

As “pequenas frutas”, por serem de simples e fácil cultivo e apresentar alto retorno em pequenas áreas, representam uma oportunidade para o fruticultor diversificar a produção e obter bons lucros principalmente para pequenos e médios produtores, com perspectivas interessantes para o abastecimento do comércio interno e para exportação. Além de comercializadas como frutos frescos, são muito utilizados em produtos industrializados, como congelados, polpas para iogurtes e sorvetes, geléias e sucos, além de ser utilizadas como ingredientes pela indústria farmacêutica e de cosméticos (ANTUNES, 2013).

Pesquisas realizadas na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), iniciadas para avaliar o comportamento da cultura do morangueiro no clima semiárido (CASTRICINI et al., 2017), verificaram que a condição ambiental com alta temperatura, insolação e irrigação artificial das culturas, propiciaram a antecipação das fases fenológicas levando a precocidade de floração e frutificação, antecipando a colheita, quando comparado com o ciclo fenológico da fruteira cultivada em outras regiões (FRÓIS et al., 2012), além de apresentarem resultados satisfatórios quando a produtividade e qualidade dos frutos (SILVA et al., 2015). O cultivo do morangueiro na região de clima semiárido também não se desenvolveu as doenças comumente observadas, favorecendo a produção sem a utilização de defensivos agrícolas (FRÓIS et al., 2012), o que agrega ainda mais valor aos frutos produzidos na região.

Outro fruto das chamadas “pequenas frutas” que tem sido investigados quanto ao desempenho no semiárido é a fisális. Informações para o bom desempenho de cultivo de espécies do gênero *Physalis* no semiárido baiano vem sendo levantadas em diversos estudos realizados na unidade de pesquisa Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana a fim de desenvolver cultivo destas na região (SOUZA, 2015; SILVA, 2016; LEITE et al., 2017; BARROSO et al., 2018; MASCARENHAS, 2018; SANTOS, 2018; TANAN et al., 2018). O resultado obtido por um destes estudos aponta que as espécies *P. pubescens*, *P. ixocarpa* e *P. angulata* apresentam elevada produtividade, quando comparado com cultivo realizado em outros locais, e são promissoras para o cultivo em região semiárida (TANAN et al., 2018). Adiciona-se a isso que frutos de *P. ixocarpa* e *P. angulata* produzidos no semiárido baiano apresentam qualidade necessária para o consumo *in natura* e comercialização (BARROSO et al., 2017; RAMOS, 2019)

O cultivo de *Physalis* também sido investigado nas condições edafoclimáticas do semiárido paraibano (SILVA, 2017; RODRIGUES et al., 2018; SILVA et al., 2018). De acordo com Silva et al. (2018), apesar de agricultores familiares da Paraíba realizarem pequenos cultivos de *Physalis* são escassas informações descrevendo a qualidade de frutos produzidos na

região. Assim, estes autores comparam a qualidade de frutos maduros de *P. angulata* e *P. pubescens* produzidos em seis localidades no estado da Paraíba com frutos de *P. peruviana* importados da Colômbia e comercializados em supermercados e concluíram que os frutos de *P. angulata* produzidos no semiárido paraibano apresentam características favoráveis para o consumo *in natura* e com potencial para amplo cultivo e comercialização na horticultura familiar. Rodrigues et al. (2018) demonstraram o potencial da região para o cultivo de *P. peruviana* em estudo no qual foi realizada a caracterização das fases fenológicas e produtividade desta espécie cultivando-a em casa de vegetação no semiárido paraibano. Os autores verificaram que *P. peruviana* apresentou adaptabilidade as condições climáticas, com alta produtividade, estimada de aproximadamente 2.340,95 kg ha⁻¹, e com possibilidade de um segundo ciclo produtivo.

Estudos como os mencionados anteriormente, sobre do desempenho de “pequenas frutas” em região tropical semiárida, pode contribuir para diversificação de culturas em áreas irrigadas do Nordeste brasileiro, oferecer novas alternativas aos agricultores e mercados, com culturas que podem ter um alto valor e para as quais geralmente não há superprodução. Além disso, a introdução de culturas de clima temperado, em regiões semiáridas, pode constituir uma importante estratégia que permitirá ofertar frutos em épocas diferentes das regiões tradicionalmente produtoras (LOPES et al., 2012).

3. Maturação de frutos e sementes

Dentre as informações básicas para o cultivo de uma espécie, além da capacidade de adaptação a determinada condição ambiental, informações sobre o ponto de colheita dos frutos e produção de sementes com qualidade elevada são aspectos importantes a serem avaliados (DIAS, 2001; CANTARELLI et al., 2015; TYAGI et al., 2017).

A colheita na maturidade adequada é um dos aspectos importantes na manutenção da qualidade do produto para obter o valor de mercado ideal. O índice de maturidade utilizado no ponto de colheita varia de acordo com a espécie ou cultivar utilizada na plantação e o uso pretendido (GUNDEWADI et al., 2018). O ponto de maturidade para a colheita de um fruto é determinado a partir do estudo das modificações no decorrer do desenvolvimento do fruto o que envolve reações químicas complexas, com alterações fisiológicas, metabólicas, bioquímicas e estruturais que resulta em modificações na aparência, textura, sabor e aroma dos frutos (BOUZAYEN et al., 2010).

O desenvolvimento do fruto pode ser dividido em quatro fases, que, embora contínuas e sobrepostas, são separadas com base nas atividades fisiológicas e bioquímicas principais

(SRIVASTAVA, 2002a). Na fase I o ovário da flor após a polinização e fertilização retoma seu crescimento estimulado pelos hormônios giberelina e auxina presentes no grão de pólen que sinaliza a ativação da divisão celular (SRIVASTAVA, 2002a). Durante a fase II uma alta taxa de atividade mitótica é observada e envolve um período de rápida divisão celular (QUINET et al., 2019). Esta fase é marcada também pela formação das sementes e pelo desenvolvimento inicial do embrião (STIKIC et al., 2015). No final da fase II observa-se o acúmulo de açúcares, como sacarose, frutose e glicose, e de ácidos orgânicos, como ácidos málico e cítrico, nos vacúolos celulares diminui o potencial osmótico e aumenta o influxo de água nas células em divisão (QUINET et al., 2019). A fase III é a fase de expansão celular que ocorre devido ao aumento do volume celular e é a fase mais longa do desenvolvimento do fruto. Nesta as divisões celulares mais ou menos cessam e o crescimento é quase exclusivamente por incremento no volume (STIKIC et al., 2015). A síntese e o armazenamento de reservas alimentares se dão no início da expansão, sendo estas mobilizadas no final da fase III e na fase IV (SRIVASTAVA, 2002a; QUINET et al., 2019). No final da fase III o fruto atinge a maturação do embrião e o seu tamanho máximo (GUNDEWADI et al., 2018). Na fase IV acontece o amadurecimento dos frutos que envolve o catabolismo e o acúmulo de metabólitos (QUINET et al., 2019). O fruto sofre várias transformações metabólicas, provocadas pelo etileno, em frutos climatéricos, incluindo a rápida importação e acúmulo de açúcares, a degradação de amido, a síntese de pigmentos, como por exemplo, carotenoides e antocianinas, degradação da clorofila e o amolecimento da parede celular (PAUL et al., 2012).

Amadurecimento significa uma mudança de fase muito importante e resulta na conversão de um fruto verde menos palatável em um fruto com propriedades organolépticas atrativas, nutricionalmente rico e colorido. A maioria dos compostos benéficos e biologicamente ativos acumulam-se em maior quantidade nos frutos durante esta fase (KUMAR et al., 2014). Assim, esta fase é responsável pela determinação dos parâmetros de qualidade dos frutos, tais como sabor, aroma, firmeza, enquanto a divisão e expansão celular nas etapas iniciais do desenvolvimento está relacionada ao tamanho final e produtividade (BECKLES et al., 2012).

A indicação da maturidade do fruto para a colheita pode ser feita acompanhando o desenvolvimento e maturação dos frutos, com medições físicas ou visuais (como por exemplo os parâmetros coloração, tamanho, textura e firmeza), determinação de seus constituintes químicos (como por exemplo teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH), computação dos dias pós-florada e fatores fisiológicos (FACHINELLO et al., 2008; GUNDEWADI et al., 2018). Esses índices compreendem medidas físicas ou químicas que sofrem mudanças

perceptíveis ao longo da maturação, eles devem assegurar a obtenção de frutos de qualidade, além de um comportamento adequado durante o armazenamento (KLUGE et al., 2002).

Informações sobre estes índices de colheita são fundamentais para aumentar a vida útil do fruto, permitindo máximo aproveitamento pós-colheita do produto vegetal por apresentar melhor qualidade e mínimo de perdas. A falta de conhecimento do período correto de colheita, de acordo com a maturidade fisiológica do fruto, constitui um inconveniente para produtores e exportadores, uma vez que há perdas devido a rejeições de produtos que não atendem as características físico-químicas exigidas pelo mercado (MAZORRA et al., 2003).

A mudança na coloração dos frutos é uma das características mais utilizadas para determinar o ponto de maturação devido à facilidade de manejo no campo, contudo é uma prática que exige conhecimento prévio das alterações ao longo do desenvolvimento (FACHINELLO et al., 2008). A alteração na cor ocorre durante a fase de amadurecimento do fruto e estão associadas à perda de clorofila, e ao acúmulo de outros pigmentos tais como, carotenoides (amarelo), antocianinas (vermelho ao azul), licopeno, xantofila e violaxantina (GUNDEWADI et al., 2018). Em *Physalis*, por exemplo, a cor do cálice e do fruto é a principal característica utilizada para determinar o ponto de colheita, sendo este um parâmetro importante a ser investigado nas diferentes espécies, pois nem sempre o momento de coleta coincide com a maturidade. Para *P. peruviana* a coloração do cálice verde e o fruto verde-amarelado é o indicativo que os frutos atingiram maturidade fisiológica, pois este ponto coincide com o momento em que as sementes alcançam máxima germinabilidade, porém os frutos apresentam parâmetros de qualidade, como tamanho e peso, inferiores ao requerido para a comercialização (MAZORRA et al., 2003). Já para *P. ixocarpa* os frutos apresentam as características ideais para a comercialização antes de atingirem máxima maturidade e mudança na coloração (BARROSO et al., 2017).

A firmeza e os constituintes químicos dos frutos estão associados a propriedades organolépticas como textura, sabor e aroma. A firmeza é perdida na medida em que o fruto amadurece e ocorre amolecimento do fruto provavelmente por hidrólise das paredes celulares por várias enzimas e através da atividade de proteínas não catalíticas (expansinas) que quebram ligações de hidrogênio ligando hemiceluloses e microfibrilas de celulose. Sabor é determinado por um equilíbrio entre açúcares, ácidos e compostos adstringentes. Sabor também está associado com aroma, resultado de um grande aumento na produção de compostos voláteis (por exemplo, ácidos orgânicos, álcoois, ésteres, compostos carbonílicos, hidrocarbonetos e terpenóides) (PALLARDY, 2008).

O acompanhamento do crescimento também é um importante indicador, pois pode ser utilizado para determinar o início da maturação, já que os frutos atingem o peso e o tamanho máximos antes do amadurecimento (MAZORRA et al., 2003; PÉREZ - CAMACHO et al. 2012). As sementes têm papel importante no incremento destas características, pois produzem hormônios, como auxinas, giberelinas e citocininas, que participam na indução da divisão e expansão celular e conseqüentemente no crescimento dos tecidos dos frutos (KUMAR et al., 2014).

O processo de desenvolvimento de frutos e sementes, desde a fertilização do óvulo até a maturidade, ocorre simultaneamente. O desenvolvimento de sementes é frequentemente descrito com base no desenvolvimento embrionário e dividido em três estágios contínuos (SRIVASTAVA, 2002b; BEWLEY; NONOGAKI, 2017). O estágio I, denominado histodiferenciação, é caracterizado por intensa divisão e diferenciação celular formando os diferentes tecidos dentro do embrião e estruturas circundantes. Isso é seguido pela expansão inicial das células. Após a histodiferenciação, no estágio II, a semente se move em direção à maturidade à medida que o aumento das células continua com pouca ou nenhuma divisão celular, e há um grande aumento no peso seco da semente devido à deposição de reservas nos tecidos de armazenamento. À medida que as reservas insolúveis aumentam no tecido de armazenamento ocorre a perda de água da semente. No estágio final de desenvolvimento (estágio III) quando os eventos de síntese cessam, as sementes perdem parte do seu conteúdo de água e a maioria dos processos metabólicos são reduzidos passando para um estado quiescente (BEWLEY; NONOGAKI, 2017).

Nas chamadas sementes ortodoxas, antes e durante a perda de água, a semente passa por mudanças moleculares e celulares que são importantes para aquisição da tolerância à dessecação pois estruturas vulneráveis, como membranas celulares e macromoléculas (proteínas e ácidos nucléicos), precisam ser protegidas durante a secagem de maturação (BEWLEY; NONOGAKI, 2017). Estas sementes reduzem seu teor de água para cerca de 10-15%, e em algumas espécies ortodoxas, além de se tornarem quiescentes, as sementes também se tornam dormentes e não germinam em condições favoráveis de água, temperatura e ar (SRIVASTAVA, 2002b). Em contraste, sementes de algumas espécies permanecem com elevado teor de água após atingir a maturidade (teor de água de 30-80%) e são incapazes de resistir à dessecação, sendo estas denominadas recalcitrantes (BERJAK; PAMMENTER, 2003)

Durante estas etapas do desenvolvimento da semente ocorrem modificações em características físicas e fisiológicas, como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca acumulada, germinação e vigor, as quais são acompanhadas e utilizadas como parâmetros para

caracterização da maturação das sementes (MARCOS FILHO, 2005). O momento de máximo acúmulo de matéria seca tem sido apontado como o melhor índice para determinar o ponto em que a semente atinge maturidade fisiológica, indicando seu desligamento da planta-mãe e coincide frequentemente com a capacidade máxima de germinação e vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A qualidade fisiológica das sementes é de grande importância na formação de plântulas vigorosas, com desenvolvimento uniforme. Sementes coletadas em épocas inadequadas, imaturas ou colhidas após ponto ideal de colheita, geralmente, possuem menor percentual de germinação e vigor, se comparadas às sementes maduras (MAZORRA et al., 2003; PÉREZ - CAMACHO et al., 2012). Sementes de baixa qualidade fisiológica promovem à formação de plântulas pouco desenvolvidas, ou mesmo anormais, e mais susceptíveis as variações ambientais (FRANZIN et al., 2005). Além disso, pode refletir na capacidade de sobreviver e se desenvolver de forma desejável, aumento da variabilidade entre plantas na comunidade vegetal e, possivelmente, no sucesso do cultivo (CANTARELI et al., 2015).

Mudanças no aspecto externo dos frutos e das sementes podem ser utilizados como índice para identificação do ponto de colheita na maturidade fisiológica (CASTRO et al., 2008). A mudança de coloração e a idade (em dias após a antese) dos frutos se mostram índices eficazes para auxiliar na colheita de sementes com elevada qualidade fisiológica de várias espécies que possuem frutos carnosos, a exemplo de *Capsicum annuum* L. (VIDIGAL et al., 2011), *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (JUSTINO et al., 2015) *Capsicum frutescens* L. (ABUD et al., 2013), *Curcubita moschata* Duch (FIGUEREDO NETO et al., 2014) *Lycopersicon esculentum* Mill. (DIAS et al., 2006), *Physalis angulata* L. (CARVALHO et al., 2014), *Physalis peruviana* L. (MAZORRA et al., 2003), *Physalis ixocarpa* (BARROSO et al., 2017).

Contudo o ponto de maturidade das sementes pode variar em função da espécie, do local, e da época de cultivo, havendo, portanto, a necessidade de estabelecimento de parâmetros que permitam a definição da época adequada de colheita em função das condições edafoclimáticas locais (DEMIR et al., 2008; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Fisher et al. (2007) ao acompanhar o desenvolvimento de sementes produzidas em diferentes locais verificaram que o ambiente de cultivo exerce efeito significativo na duração do desenvolvimento, no número e peso de sementes independente da variedade de *Physalis peruviana* cultivada. A influência das características ambientais do local de cultivo no alcance da maturidade das sementes *P. peruviana* pode ser observada também ao comparar resultados de diferentes estudos realizados com a espécie. Rodrigues (2018) em cultivo realizado na cidade de São Domingos-PB verificou que as sementes atingem a maturidade fisiológica aos 34 dias

após a antese (DAA), quando cálice e fruto se encontram com coloração amarelo. Já Diniz e Novembre (2019) em sementes *P. peruviana* produzidas em Piracicaba -SP a maturidade é atingida 75 DAA quando a coloração do cálice e do fruto é completamente amarela. Sbrussi et al. (2014) verificaram para a mesma espécie cultivada em Londrina-PR elevada germinabilidade e vigor em sementes coletadas de frutos com epicarpo e o cálice com coloração verde.

A qualidade fisiológica das sementes de *Physalis angulata* também demonstra ser influenciada pelas características ambientais do local de cultivo ao comparar os resultados de diferentes estudos realizados com a espécie. Santiago et al. (2019) em experimento conduzido em Castanhal-PA verificaram maior potencial fisiológico das sementes aos 35 DAA. Ramos (2019) obteve resultado semelhante em cultivo de *P. angulata* na cidade de Feira de Santana - BA pois a maturidade fisiológica das sementes foi atingida aos 36 DAA, quando ocorreu o máximo acúmulo de massa seca, maior germinabilidade e emergência e os frutos encontravam-se com cálice na cor roxa e o epicarpo amarelo. Neste estudo a porcentagem de germinação se manteve elevada nos estádios seguintes de maturação. Já sementes provenientes de cultivo realizado em Curitiba-PR por Carvalho et al. (2014) a maior germinabilidade (89%) foi obtida para sementes coletadas de frutos com epicarpo e cálice verde, e observaram redução acentuada na taxa de germinação (40%) a medida em que o fruto amadureceram.

Levando em consideração o potencial das espécies de *Physalis*, estudos que busquem identificar e comparar as principais alterações durante a maturação dos frutos e em diferentes ambientes de cultivo faz-se necessários. Predizer o período ideal de colheita mediante avaliações do crescimento e análises físico-químicas dos frutos, aumentando a capacidade de exploração dos mesmos de acordo com suas características ao longo da maturidade e do local de cultivo. Além disso, poderá contribuir para a compreensão do desenvolvimento e obtenção de sementes de maior qualidade fisiológica, que são preferencialmente utilizadas como material de propagação das espécies de *Physalis* e para a conservação desse gênero.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L. E. C. Pequenas frutas: estratégias para o desenvolvimento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 13., 2013, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: Epagri, 2013. p. 115-122. Acesso em: 27.06.18. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87256/1/Digitalizar0007.pdf>
- ABUD, H. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 12, p. 1546-1554, 2013.
- BALAGUERA-LÓPEZ, H. E. et al. Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 8, n. 2, p. 181-191, 2014.
- BARBOZA, G. E. et al. Solanaceae. In: **Flowering Plants**. Eudicots. Springer, Cham, 2016. p. 295-357.
- BARROSO, N. S. et al. Maturation stages of fruits and physiological seed quality of *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hormen. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3, p. 1-9, 2017.
- BARROSO, N. S. et al. *Physalis* development according to the growing season in the semi-arid region of the Bahia state, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 4, p. 429-435, 2018.
- BECKLES, D. M. et al. Biochemical factors contributing to tomato fruit sugar content: a review. **Fruits**, v. 67, n. 1, p. 49-64, 2012.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N.W. Orthodox and recalcitrant seeds. In: **Tropical Tree Seed Manual. Reforestation, Nurseries and Genetic Resources (RNGR) Programme**, The US Department of Agriculture, Forest Service. 2003. p. 137-147.
- BETEMPS, D. L. et al. Época de semeadura, fenologia e crescimento de plantas de fisális no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 179-185, 2014.
- BERGIER, K. et al. Antioxidant potential of grobacterium-transformed and non-transformed *Physalis ixocarpa* plants grown in vitro and ex vitro. **Postepy Hig Med Dosw (online)**, v.66, p. 976 -982, 2012.
- BEWLEY, J.D.; NONOGAKI, H. Seed Maturation and Germination. **Reference Module in Life Sciences**. Netherlands: Elsevier. p. 1-9, 2017.
- BOSCH, E. **Redução do porte de fisális para uso como planta ornamental de vaso**. 60p. Dissertação Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2014.
- BOUZAYEN, M. et al. Mechanism of fruit ripening. In: **Plant developmental biology-Biotechnological perspectives**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 319-339.
- BUSTAMANTE, P. M. A. C. A fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: Vantagens e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 1, p. 154-171, 2009.
- CAMPOS-PASTELIN, J. M. et al. Evaluación antimicrobiana del extracto hénanico del cáliz acrescente de *Physalis ixocarpa*. **Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos**. v.4, n. 1., p. 220-224, 2019.
- CANTARELI, L D. et al. Variabilidade de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 234 - 238, 2015.

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal, FUNESP, 2012.
- CARVALHO, T.C. et al. Germinação de sementes de *Physalis angulata* L.: estágio de maturação do cálice e forma de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.4, p.357-362, 2014.
- CASTRICINI, A. et al. Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. e2016149, 2017.
- CASTRO, M. M.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1491-1495, 2008.
- CANTARELLI, L. D. et al. Variability of soybean plants originated from seeds with different levels of physiological quality. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 234-238, 2015.
- CHOI, J. K. et al. Ixocarpalactone A isolated from the Mexican tomatillo shows potent antiproliferative and apoptotic activity in colon cancer cells. **The FEBS journal**, v. 273, n. 24, p. 5714-5723, 2006.
- DEMIR, I. et al. Effect of seed production environment and time of harvest on tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedling growth. **Research Journal of Seed Science**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2008.
- DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.
- DIAS, D.C.F.S. ET al. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 691-699, 2006.
- DINIZ, F. O.; NOVEMBRE, A. D. D. L. C. Maturation of *Physalis peruviana* L. seeds according to flowering and age of the fruit. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 447-457, 2019.
- DONKOR A. M. et al. Antibacterial activity of the fruit extract of *Physalis angulata* and its formulation. **Journal of Medical and Biomedical Sciences**, v.1, n. 4, p. 21-26, 2012.
- EL SHEIKHA, A. F. et al. Main composition of *Physalis* (*Physalis pubescens* L.) fruit juice from Egypt. **Fruits**, v. 65, p. 255–265, 2010.
- FACHINELLO, J. C. et al. Colheita e armazenamento. In: FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. (Org.). **Fruticultura: Fundamentos e práticas**. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, v. 1. 2008. 304p.
- FACHINELLO, J. C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 109-120, 2011.
- FIGUEIREDO NETO, A. et al. Maturação fisiológica de sementes de abóbora (*Curcubita moschata* Duch) produzidas no semiárido. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 302-310, 2014.
- FISCHER, G.; LUDDERS, P. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. **Agronomía colombiana**, v. 14, n. 2, p. 95-107, 1997.
- FISCHER G. Crecimiento y desarrollo. In: FLOREZ, V.J.; FISCHER, G.; SORA, A. **Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. Bogotá: Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, p. 9-2, 2000.

- FISCHER, G. et al. Production, seeds and carbohydrate contents of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes. **Journal of applied botany and food quality**, v. 81, n. 1, p. 29-35, 2007.
- FISCHER, G. et al. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in: YAHIA, E.M. (ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Acai to citrus. Cambridge: Woodhead Publishing, ed. 2, 2011. p.374-396.
- FISCHER, G et al. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 01-15, 2014.
- FRANZIN, S. M et al. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.193-197, 2005.
- FRÓIS, M. R. et al. Caracterização da fenologia do morangueiro sob dois sistemas de irrigação no semiárido de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. S5741-S5746, 2012.
- GARCÍA-MENDIETA, A. et al. Biosorption properties of green tomato husk (*Physalis philadelphica* Lam) for iron, manganese and iron–manganese from aqueous systems. **Desalination**, v. 284, p. 167-174, 2012.
- GUNDEWADI, G. et al. Physiological and biochemical basis of fruit development and ripening-a review. **Journal of Hill Agriculture**, v. 9, n. 1, p. 7-21, 2018.
- HERNANDEZ, J. F. S.; YANEZ, S. B. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. **Revista de Geografía Agrícola**, v. 43, p. 81-86, 2009.
- JUSTINO, E. V. et al. Determinação da maturidade fisiológica de sementes de pimenta dedo de moça *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 324-331, 2015.
- KENNELLY, E. J. et al. Induction of Quinone Reductase by Withanolides Isolated from *Physalis philadelphica* (Tomatillos). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 45, p. 3771–3777, 1997.
- KHAN, W. et al. Antimicrobial potentials of different solvent extracted samples from *Physalis ixocarpa*. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.29, n.2, p. 467- 475, 2016.
- KINDSCHER, K. et al. The ethnobotany and ethnopharmacology of wild tomatillos, *Physalis longifolia* Nutt., and related *Physalis* species: A review. **Economic Botany**, v. 66, n. 3, p. 298-310, 2012.
- KLUGE, R. A. et al. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutos de clima temperado. 2.ed. Pelotas: UFPEL, 2002, 163 p.
- KUMAR, R. et al. Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 16, p. 4561-4575, 2014.
- LAGOS, T. C. et al. Biología reproductiva de la uchuva. **Acta Agronómica**, v. 57, n. 2, p. 81-87, 2008.
- LEITE, R. D. S. et al. Hydroponic cultivation of *Physalis angulata* L.: growth and production under nitrogen doses. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 2, p. 145-151, 2017.
- LI, X. et al. Physalins and withanolides from the fruits of *Physalis alkekengi* L. var. *ranchetii* (Mast.) Makino and the inhibitory activities against human tumor cells. **Phytochemistry Letters**, v. 10, p. 95–100, 2014.
- LI, F.; QIAN-QIAN, G. Analysis of the Nutritional Componentes of *Physalis alkekengi* var. *francheti* and *P. pubescens*. **Medicinal plant**, v.3, n.12, p. 82-84, 2012.

- LI, J. et al. Chinese lantern in *Physalis* is an advantageous morphological novelty and improves plant fitness. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2019.
- LICODIEDOFF, S. et al. Flavonol rates of gosseberry fruits *Physalis peruviana* determined by HPLC through the optimization and validation of the analytic method. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2013.
- LIMA, C.S.M. et al. Características físico-químicas de physalis em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, p.1060-1068, 2009.
- LIMA, C. S. M. et al. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de *Physalis*. **Ciência Rural**, v. 40, n.12, p.2472-2479, 2010.
- LIMA, C. S. M. et al. Avaliação física, química e fitoquímica de frutos de *Physalis*, ao longo do período de colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1004-1012, 2012.
- LOPES, P. R. C. et al. Caracterização fenológica, frutificação efetiva e produção de maçãs Eva em clima Semiárido no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1277-1283, 2012.
- LV, H. et al. Chemical constituents from the calyxes of *Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* (Mast.) Makino. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 78, p. 63-65, 2018.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.
- MARTINEZ, M. Revisión de *Physalis* sección *Epiteiorhiza* (Solanaceae) **Anales del Instituto de Biología**. Serie Botánica, v. 69, n. 2, p. 71-117, 1998.
- MASCARENHAS, L. M. S. **Micropropagação e análises bioquímicas e fitoquímicas de *Physalis peruviana* L.** 75p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana-BA, 2018.
- MAZORRA, M. F. et al. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). **Agronomía colombiana**, v. 21, n. 3, p. 175-189. 2003.
- MORALES-CONTRERAS, B. E. et al. Pectin from husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at different extraction conditions. **Carbohydrate polymers**, v. 179, p.282-289, 2018.
- MORICONI, D.N. et al. Tomatillo: A potential vegetable crop for Louisiana, p. 407–413. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.). **Advances in new crops**. Timber Press, Portland, Ore. 1990.
- MORTON, J. F.; RUSSEL, O. S. The cape gooseberry and the mexican husk tomato, Florida state, **Horticultural Society**, p. 261-265, 1954.
- MUNIZ, J. et al. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 00, 2015.
- MUNIZ, J. et al. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.
- OLIVEIRA, I. V. M. et al. Caracterização fenológica e frutificação efetiva de macieiras ‘daiane’ sob condições semiáridas no nordeste do Brasil. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 11, n. 2, p. 153-158, 2013.
- OLIVEIRA, J. et al. Tipos de estacas e uso de AIB na propagação vegetativa de fisalis. **Revista Agroambiente On-line**, v. 9, n. 3, p. 342-346, 2015.

- PALLARDY, S. G. Reproductive Growth. In: **Physiology of Woody Plants**. 3ed. Academic Press, New Yourk, 2008. p. 464
- PANAYOTOV, N.; POPOVA, A. Biological Characterstics and Productivity of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Plants According to Different Term of Seedling Sowing. **Agro-knowledge Journal**, v. 17, n. 3, p. 267-277, 2017.
- PATEL, P. R. et al. Physiochemical changes in sunberry (*Physalis minima* L.) fruit during growth and ripening. **Fruits**, v. 66, p. 37–46, 2011.
- PAUL, V. et al. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—an overview. **Journal of food science and technology**, v. 49, n. 1, p. 1-21, 2012.
- PÉREZ-CAMACHO, I. et al. Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.3, n.1, p. 67-78, 2012.
- POOJARI, S. et al. Phytochemical analisysand in vitro antidiabetic activities of *Physalis angulata* fruits extracts. **NJIRM**, v. 5, n. 2, p. 34-38 2014.
- PUENTE, L. A. et al. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.
- QUINET, M. et al. Tomato fruit development and metabolism. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1554, 2019.
- RAMADAN, M. F. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1830-1836, 2011.
- RAMADAN, M. M. et al. Volatile compounds, antioxidants, and anticancer activities of Cape gooseberry fruit (*Physalis peruviana* L.): An in-vitro study. **Journal of The Arab Society for Medical Research**, v. 10, n. 2, p. 56, 2015.
- RAMOS, C. A. S. **Maturidade fisiológica e dessecação de sementes de *Physalis angulata* L.** 49p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2019.
- RODRIGUES, F. A. et al. Anatomy of vegetative organs and seed histochemistry of '*Physalis peruviana*' L. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 6, p. 895, 2014a.
- RODRIGUES, F. A. et al. Caracterização física, química e físico-química de *Physalis* cultivada em casa de vegetação. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1411-1414, 2014b.
- RODRIGUES, M. H. B. S. et al. Phenological characterization and productivity of the *Physalis peruviana* L., cultivated in greenhouse. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, p. 234-243 2018.
- RODRIGUES, M. H. B. S. **Caracterização fenológica, produtividade e maturação de frutos e sementes *Physalis peruviana* L.** 2018. 69p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical). Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB.
- RUFATO, L. et al. **Aspectos técnicos da cultura da *Physalis***. Lages: CAV/UEDESC; Pelotas: UFPEL, 100p. 2008.
- SAMUELS, J. Biodiversity of food species of the Solanaceae family: a preliminary taxonomic inventory of subfamily Solanoideae. **Resources**, v. 4, n. 2, p. 277-322, 2015.

- SANTIAGO, W. R. et al. Physiological maturity of *Physalis angulata* L. seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 431-438, 2019.
- SANTOS, K. S. **Estudo genético e aspectos reprodutivos em espécies do gênero *Physalis***. 93p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana - BA, 2018.
- SEVERO, J. et al. Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos de *Physalis* (*Physalis peruviana* L.) durante o amadurecimento e o armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.16, n.1-4, p.77-82, 2010.
- SILVA, D. F. D. et al. Light spectrum on the quality of fruits of *Physalis* species in subtropical area. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 371-376, 2016.
- SILVA, P. C. G. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.cap. 1, p. 18-48. Acesso em: 25.06.2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87256/1/Digitalizar0007.pdf>
- SILVA, M. S. et al. Desempenho produtivo e qualidade de frutos de morangueiros produzidos no norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, 2015.
- SILVA, N. S. **Crescimento e desenvolvimento de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hormen em diferentes condições de luminosidade**. 66p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana-BA, 2016.
- SILVA, J. G. **Fenologia e Produtividade de *Physalis peruviana* L. Sob Níveis Salinos, no Semiárido Paraibano**. 2017, 56 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande campus – Pombal, PB. 2017.
- SILVA, P. B. et al. Changes in quality during maturation of physalis fruit. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1503-1516, 2018.
- SOARES, E. L.C. et al. **O gênero *Physalis* L. (solanaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. PESQUISAS, BOTÂNICA Nº 60:323-340 São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2009.
- SOUZA, C.L.M. **Armazenamento de sementes e caracterização morfofisiológica de espécies do gênero *Physalis***. 88p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2015.
- SBRUSSI, C. A. G. et al. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.
- STIKIĆ, R., et al. Tomato: a model species for fruit growth and development studies. **Botanica Serbica**, v. 39, n. 2, 2015.
- SRIVASTAVA, L. M. Fruit Development and Ripening. In: **Plant growth and development: hormones and environment**, Academic Press, New York, 2002a p. 753
- SRIVASTAVA, L. M. seed Development and maturation. In: **Plant growth and development hormones and environment**, Academic Press, New York, 2002b p. 753
- TANAN, T. T. et al. Produção e caracterização dos frutos de espécies de *Physalis* cultivadas no semiárido baiano. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 3, p. 113-121, 2018.
- TOMASSINI, T. C. B. et al. Gênero *Physalis* - uma revisão sobre vitaesteróides. **Química Nova**, v.23, n.1, p.47-57, 2000.

- TYAGI, S. et al. Pre-harvest factors influencing the postharvest quality of fruits: A review. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 23, n. 4, p.1-12, 2017.
- VIDIGAL, D. S. et al. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 5, p. 535-539, 2011.
- WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. de. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 023-038, 2014.
- WHITSON, M.; MANOS, P. S. Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the Physaloids: A two-gene phylogeny of the Physalinae. **Systematic Botany**, v. 30, p. 216-230, 2005.
- WILLIAMS, A. Solanaceae of Ohio. **The Ohio Naturalist**, v. 14, n. 3, p. 235-240, 1914.
- ZAMORA-TAVARES, P. et al. Diversity and genetic structure of the husk tomato (*Physalis philadelphica* Lam.) in Western Mexico. **Genet Resour Crop Evol.**, v. 62, 141–153, 2015.
- ZHANG, W. N.; TONG, W. Y. Chemical constituents and biological activities of plants from the genus *Physalis*. **Chemistry e biodiversity**, v. 13, n. 1, p. 48-65, 2016.

CAPÍTULO I

Desenvolvimento de frutos de fisális em função da época de cultivo no semiárido baiano

Desenvolvimento de frutos de fisális em função da época de cultivo no semiárido baiano

RESUMO

Physalis ixocarpa demonstra desempenho interessante em regiões quentes e secas. Contudo, há necessidade de informações acerca da influência das condições edafoclimáticas durante o cultivo nas características físicas e físico-químicas dos frutos. Objetivou-se avaliar as características dos frutos em diferentes estádios de maturação das variedades ‘roxa’ e ‘verde’ da espécie *Physalis ixocarpa* em função da época de cultivo no semiárido baiano. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 5 (variedade x época de cultivo x estádios de maturação do fruto), com três repetições. Aos 40 dias após o transplante, frutos foram coletados em diferentes estádios de maturação, nas duas épocas de cultivo, e foram avaliadas as seguintes características: a cor, a massa fresca, o comprimento, o diâmetro e os teores de sólidos solúveis totais dos frutos. As modificações nas características dos frutos seguem mesma tendência ao longo da maturação nas duas variedades avaliadas, observando-se as melhores características quando o cálice está verde com partes secas, completamente expandido e rompido. A época de cultivo teve efeito significativo nas características dos frutos devendo este ser realizado nas condições ambientais do período de maio a agosto no semiárido baiano.

Palavras-chave: *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem; Solanaceae; maturação de frutos; ambiente de cultivo.

INTRODUÇÃO

O cultivo de espécies frutíferas não tradicionais, nativas ou exóticas, pouco exploradas economicamente no Brasil, tem despertado interesse de mercado em decorrência das suas propriedades organolépticas, medicinais e da aceitabilidade pela população. Entre elas estão o mangostão, a lichia, a romã, a amora, o umbu, a carambola e a *physalis*, entre outras frutas (WATANABE; OLIVEIRA, 2014).

Entre as espécies do gênero *Physalis* cujos frutos, ricos em compostos benéficos para a saúde humana têm potencial alimentício está a *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem. Ainda pouco conhecida no país, a espécie é nativa do México e a depender da variedade cultivada, os frutos produzidos podem ter a coloração branca, verde, verde-amarelado, amarelo e roxo. São utilizados na culinária tradicional mexicana, sendo conhecidos popularmente como tomate de cáscara (PEÑA-LOMELÍ et al., 2011). Além do México, que é seu grande centro de distribuição, é também comercializada nos Estados Unidos devido à crescente demanda da comunidade latina no país (DÍAZ-PÉREZ et al., 2005). Na Índia, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos a fim de introduzir a cultura na região (SINGH et al., 2013). No Brasil, devido ao seu diverso potencial, como por exemplo uso na indústria de alimentos e farmacêutica, tem despertado interesse e estudos recentes vêm sendo realizados na região sudeste e nordeste do país (SILVA et al., 2016; BARROSO et al., 2017).

Os frutos de *P. ixocarpa*, utilizados como hortaliças, são fontes de nutrientes fundamentais para a manutenção da saúde humana (VARGAS- PONCE et al., 2015). Além disso, dos seus frutos podem ser extraídos pectinas com grande potencial para uso na indústria de alimento (MORALES- CONTRERAS et al., 2018), bem como o extrato de suas folhas, caule, frutos e cálice dos frutos apresentam importante potencial farmacológico pois possuem elevada atividade antibacteriana (KHAN et al., 2016) e atividade quimiopreventiva (CHOI et al., 2006).

Nos últimos anos o cultivo e comercialização de *Physalis*, principalmente a *Physalis peruviana*, vem sendo desenvolvido no centro-sul do Brasil, apesar de espécies do gênero serem tolerante a diversos tipos de clima e solo e apresentarem potencial para expandir o cultivo comercial para as demais regiões do país (RUFATO et al., 2013; MUNIZ et al., 2015). O potencial para a introdução do cultivo destas fruteiras na região nordeste, por exemplo, pode ser demonstrado em trabalhos realizados com diferentes espécies do gênero por Souza et al. (2017) e com *P. ixocarpa* por Barroso et al. (2017). Nestes, os frutos produzidos apresentaram

características físicas e físico-químicas semelhantes as obtidas em estudos realizados no local de ocorrência natural e/ou cultivo da espécie.

Em espécies de *Physalis* a época e o ambiente de cultivo exercem efeito significativo no desenvolvimento da planta e conseqüentemente nas características físicas, como peso e tamanho, e químicas, como grau brix, acidez, teor de vitamina C e antocianinas dos frutos (LIMA et al., 2012; SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2018). Além disso, influenciam na taxa de crescimento e na duração do desenvolvimento (FISHER et al., 2007). Portanto, estudos relacionados ao entendimento do efeito da época de cultivo nas características dos frutos contribuem para a verificação do potencial da espécie em diferentes regiões, como no semiárido, o que pode garantir o adequado manejo da cultura, expansão, introdução e diversificação destas espécies com grande potencial para mercado nacional.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as características dos frutos em diferentes estádios de maturação das variedades ‘roxa’ e ‘verde’ da espécie *Physalis ixocarpa* em função da época de cultivo no semiárido baiano.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados de maio a agosto e de agosto a novembro de 2017 na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, localizada a 12°16’09” de latitude sul e 38°56’34” de longitude oeste, apresentando altitude de 234 metros.

A região apresenta temperatura média de 24 °C e precipitações médias em torno de 848 mm anuais, o clima é do tipo seco subúmido, megatérmico (C2rA’a’), conforme a classificação de Thornthwaite e Matther (1955) (ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DA UEFS, 2018). O solo é do tipo podzólico vermelho-amarelo, textura argiloso-arenoso, relevo plano e apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica = 24,0 g kg⁻¹; Ca = 2,8 cmol_c dm⁻³; K = 0,15 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,05 cmol_c dm⁻³; Na = 0,05 cmol_c dm⁻³; H + Al = 1,98 cmol_c dm⁻³; soma das bases = 4,04 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 124,7 cmol_c dm⁻³; saturação base = 67%; P = 15 mg dm⁻³; e pH = 6,1.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com três repetições, parcela com 20 plantas, em esquema fatorial 2 x 2 x 5, no qual foram avaliadas duas variedades de *Physalis ixocarpa*, ‘roxa’ e ‘verde’, duas épocas de cultivo, época 1 (maio a agosto) e época 2 (agosto a novembro), e cinco estádios de maturação do fruto.

As duas épocas de cultivo foram determinadas a partir dos dados meteorológicos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O primeiro período de cultivo foi realizado nos meses de maio a agosto, quando ocorre maior precipitação total e temperaturas mais amenas. O segundo foi realizado nos meses de agosto a novembro no qual se observa diminuição da precipitação e aumento da temperatura (Figura 1).

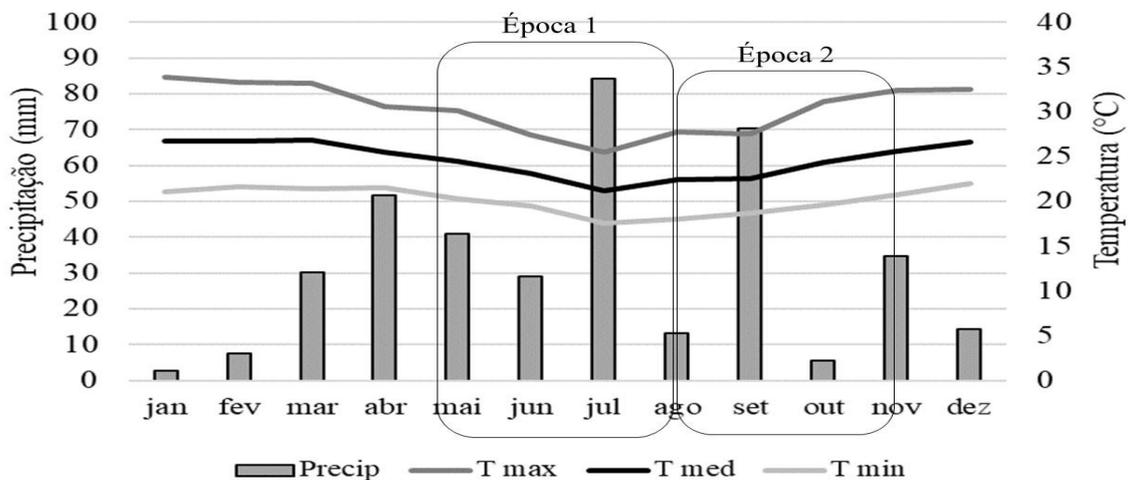


Figura 1. Variações de temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax) do ar e precipitação (Precip) mensais do período experimental em Feira de Santana-BA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2017.

Para a produção das mudas das variedades ‘roxa’ e ‘verde’ da espécie *P. ixocarpa*, sementes foram semeadas em copos plásticos de 300 ml preenchidos com substrato comercial Vivatto Slim Plus[®]. Após a emergência foi realizado o desbaste conservando apenas uma plântula por copo. Sendo estas mantidas em telados e sob irrigação diária. A partir do lançamento dos primeiros pares de eófilos, após 20 dias, foi feito o transplante de 120 mudas para condições de campo aberto. As mudas foram arranjadas em duas fileiras por bloco com espaçamento de 0,8m entre plantas e 2,0m entre linhas. Foi realizada adubação química com NPK conforme recomendado por Thomé e Osaki (2010).

Durante o cultivo foi realizado o tutoramento dos ramos em formato de X seguindo as recomendações de Muniz et al. (2011). O amarrio das plantas com fitilho foi efetuado um mês após o transplante, tutorando os novos ramos conforme a necessidade durante toda fase de desenvolvimento da planta. O sistema de irrigação adotado foi por gotejadores espaçados a cada 0,8 cm. Para o controle de pragas foi utilizado óleo de neem comercial (solução de óleo emulsionável a 1%), diluído em água na proporção de 5 mL L⁻¹, sempre que necessário.

Aos 40 dias após o transplante, em diferentes posições e orientações na planta, frutos em diferentes estádios foram colhidos e os estádios de maturação determinados de acordo com a descrição das características e imagens do cálice e do fruto presentes no trabalho de Barroso

et al. (2017). Por meio de seleção visual os frutos foram agrupados em cinco estádios: E1 - cálice verde e não completamente expandidos e o fruto não preenchendo o cálice; E2 - cálice verde e completamente expandido e o fruto não preenchendo o cálice; E3 - cálice verde e completamente expandido e o fruto preenchendo completamente o cálice; E4 - cálice verde com partes secas, completamente expandido e rompido e fruto o preenchendo completamente o cálice; E5 - cálice seco, completamente expandido e rompido e o fruto preenchendo completamente o cálice.

Utilizando a carta de cores RHS (The Royal Horticultural Society, 2001) foram determinadas as cores do cálice e do fruto. Além da cor, foram determinados a massa fresca (g) utilizando balança analítica Shimadzu AY220 (0,001g); diâmetro (medida no plano equatorial) e comprimento (mm) (medida do ápice a base) do fruto usando paquímetro digital Cosa (0,01mm). O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi medido indiretamente colocando uma gota do sumo do fruto no prisma do refratômetro manual da marca Atago com correção de temperatura para 20 °C e expresso em °Brix.

As análises seguiram um delineamento randomizado, constituído por três repetições e cada parcela foi representada por 15 frutos (provenientes de 20 plantas por parcela), totalizando 45 frutos por estádio. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando o efeito dos fatores e da interação entre estes foi significativo, realizou-se teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada por meio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudanças nas características dos cálices e dos frutos seguem a mesma tendência independente da época de cultivo nas variedades ‘roxa’ e ‘verde’ da espécie *Physalis ixocarpa*, apresentando alterações acentuadas apenas nos últimos estádios (Figura 2).

Com relação à coloração dos frutos, não foram observadas modificações marcantes para a variedade ‘verde’. Verificou-se que os frutos mantêm a coloração verde-escura (144A-RHS) durante quase todo seu desenvolvimento variando a tonalidade, passando a apresentar a cor verde-claro (145A-RHS), apenas quando ocorrem mudanças na cor do cálice (marrom-amarelado-claro (158A-RHS)).

A variedade ‘roxa’, assim como a maioria das espécies de *Physalis*, apresenta modificações na cor do cálice e do fruto quando estão completamente desenvolvidos. A coloração verde-escura (144A -RHS) dos frutos se mantem até próximo ao estádio de máxima

maturação, no estágio 4, quando o cálice se apresenta rompido e parte da superfície dos frutos começam a apresentar a cor roxa (N89A-RHS), acentuando-se no último estágio avaliado. A cor roxa dos frutos desta variedade está associada à presença de antocianina (GONZÁLES-MENDONZA et al., 2011). Este pigmento é detectado em maiores teores nos estádios finais de maturação de frutos (BORGHESI et al., 2016), pois além de ser um importante mecanismo protetor contra radiação solar, antioxidante e de defesa, desempenha papel na atração de dispersores de sementes e retarda a senescência (LIU et al., 2018).



Figura 2. Aspectos visuais dos frutos de *Physalis ixocarpa* em diferentes estádios de maturação da variedade ‘roxa’ – estágio E1 (A); E2 (B); E3 (C); E4 (D); E5 (E) – e da variedade ‘verde’ E1 (F); E2 (G); E3 (H); E4 (I); E5 (J). Cada quadrado equivale a 1mm².

A variedade ‘roxa’, assim como a maioria das espécies de *Physalis*, apresenta modificações na cor do cálice e do fruto quando estão completamente desenvolvidos. A coloração verde-escura (144A -RHS) dos frutos se mantém até próximo ao estágio de máxima maturação, no estágio 4, quando o cálice se apresenta rompido e parte da superfície dos frutos começam a apresentar a cor roxa (N89A-RHS), acentuando-se no último estágio avaliado. A cor roxa dos frutos desta variedade está associada à presença de antocianina (GONZÁLES-MENDONZA et al., 2011). Este pigmento é detectado em maiores teores nos estádios finais de maturação de frutos (BORGHESI et al., 2016), pois além de ser um importante mecanismo protetor contra radiação solar, antioxidante e de defesa, desempenha papel na atração de dispersores de sementes e retarda a senescência (LIU et al., 2018).

Diferente das espécies *P. angulata* e *P. peruviana*, entre outras espécies do gênero, as modificações na coloração do cálice e do fruto nas variedades avaliadas não é gradual ao longo dos estádios de desenvolvimento (RODRIGUES et al., 2012; CARVALHO et al., 2014). A modificação ocorre apenas nas etapas finais da maturação. Essa observação pode ser explicada pelo aspecto genético intrínseco da espécie, já que as duas variedades apresentaram a mesma tendência e o padrão de mudança de coloração foi o mesmo nas duas épocas avaliadas.

As análises estatísticas mostraram interação tripla entre época x variedade x estádios de maturação do fruto apenas para a variável massa fresca (MF) do fruto. Isto mostra que o incremento de massa nos frutos ao longo do seu desenvolvimento é dependente das condições ambientais e da variedade de *P. ixocarpa* cultivada.

O incremento na MF dos frutos ao longo da maturação apresentou diferença significativa e seguiu a mesma tendência para as duas variedades e épocas de cultivo avaliadas (Tabela 1). Os frutos apresentam massa semelhante para ambas as variedades, nos estádios iniciais de desenvolvimento nas duas épocas de cultivo (E1 e E2), porém a partir do estádio 3 verifica-se que os frutos da variedade ‘verde’ são mais pesados do que os frutos da variedade ‘roxa’ nas duas épocas avaliadas.

Tabela 1. Massa da matéria fresca (MF) de frutos em cinco estádios de maturação das variedades ‘roxa’ (R) e ‘verde’ (V) de *Physalis ixocarpa* produzidos em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba.

	E1		E2		E3		E4		E5	
Época	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
1	3,8aA	6,3aA	7,4aA	11,7aA	11,4aB	18,7aA	23,1aB	34,6aA	28,4aB	36,4aA
2	3,3aA	5,6aA	8,2aA	11,7aA	12,9aB	18,0aA	12,6bB	22,4bA	11,2bB	23,1bA
CV(%)	18,72									

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna (época de cultivo) e maiúscula na linha (estádio de maturação), não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

A maior média de MF, 36,4 g, foi verificada para os frutos de *P. ixocarpa* ‘verde’ em frutos com cálice seco e completamente rompido obtidos no cultivo realizado de maio a agosto (Época 1). Este valor é semelhante ao encontrado para a variedade ‘verde’ por Souza et al. (2017) e Barroso et al. (2017) em cultivo realizado no mesmo local onde foi desenvolvido este trabalho. Porém, quando comparado com a média de 30,5 g verificada por Rodríguez-Burgos et al. (2011), a maior dentre as obtidas para as variedades estudadas por estes autores, e a média de 27,96 g observada por Ramos-Lopez et al. (2017), ambos estudos conduzidos no México

que é o maior produtor de frutos desta espécie, o resultado obtido no presente estudo foi superior. Isso indica que as condições edafoclimáticas do semiárido favorecem a produção de frutos com maior massa, e consequentemente com atributos mais interessantes para o mercado consumidor.

Maior MF de frutos produzidos nos meses de maio a agosto pode estar relacionado com a maior disponibilidade de água nesta época. No local onde foi desenvolvido o estudo este é o período em que ocorrem maior precipitação e temperaturas mais amenas (Figura 1). Estas condições propiciam o desenvolvimento de frutos com maior peso e tamanho (RAMOS-LOPEZ et al., 2017). Períodos de cultivo com temperaturas mais elevadas, menor precipitação e maior luminosidade, como ocorrem nos meses de agosto a novembro, pode gerar um ambiente em que a planta precise redirecionar seu metabolismo para tolerar tais condições e assim diminui o investimento no crescimento de frutos, acelera a maturação, o que resulta em frutos menos desenvolvidos (HASANUZZAMAN et al., 2013).

Com relação às variáveis comprimento, diâmetro e teores de sólidos solúveis totais, o efeito da interação época x variedade x estádios de maturação do fruto não foi significativo. Entretanto, quando testado isoladamente a época de cultivo e estádio de maturação dos frutos verificou-se diferença significativa nas variedades ‘roxa’ e ‘verde’ (Tabela 2).

O teor de sólidos solúveis totais (TSS) dos frutos não foi influenciado significativamente pela época de cultivo para as duas variedades em todos os estádios de maturação avaliados (Tabela 2). Contudo observa-se diferença significativa entre os estádios, ocorrendo aumento no conteúdo TSS com o avanço do amadurecimento do fruto. Este aumento dos sólidos solúveis pode estar relacionado aos processos metabólicos atuantes com o transcorrer da maturação do fruto, como por exemplo biossíntese ou degradação de polissacarídeos ou a perda de água dos frutos que resulta em incremento na quantidade de açúcar no fruto (CHITARRA & CHITARRA 2005).

Os maiores valores de TSS para *P. ixocarpa* ‘roxa’ e ‘verde’, respectivamente 5,8 e 6,2 °Brix, foram verificados em frutos maduros coletados na primeira época de cultivo. Estes valores são semelhantes ao encontrado em trabalhos recentes realizado com a espécie na mesma região do presente estudo e em cultivos realizados no México (BENITO-BAUTISTA et al., 2016; BARROSO et al., 2017; RAMOS-LOPEZ et al., 2017; SOUZA et al., 2017). Assim, o valor encontrado no estudo está dentro do esperado para frutos maduros da espécie utilizados como hortaliças.

Tabela 2. Comprimento EM, diâmetro (D) e teor de sólidos solúveis totais (TSS) de frutos em cinco estádios de maturação das variedades ‘roxa’ e ‘verde’ de *Physalis ixocarpa* produzidos em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba.

	Época	Estádios de maturação (E)				
		E1	E2	E3	E4	E5
<i>P. ixocarpa</i> ‘roxa’						
TSS (°Brix)	1	4,2 aB	4,5 aB	4,6 aB	5,1 aAB	5,8 aA
	2	3,9 aB	4,2 aB	4,7 aAB	4,8 aAB	5,4 aA
C (mm)	1	18,6 aB	22,4 aAB	28,8 aAB	31,0 aA	30,9 aA
	2	17,2 aC	22,6 aB	26,1 aA	25,6 bA	24,5 bA
D (mm)	1	21,2 aB	26,2 aB	34,4 aAB	34,6 aA	36,0 aA
	2	19,3 aB	26,4 aB	30,4 aAB	29,4 bA	28,1 bA
<i>P. ixocarpa</i> ‘verde’						
SST (°Brix)	1	4,5 aB	4,6 aB	5,3 aB	6,2 aA	6,2 aA
	2	4,0 aB	4,8 aB	4,7 aB	5,8 aA	6,0 aA
C (mm)	1	19,7 aB	24,3 aAB	28,1 aAB	34,4 aA	33,9 aA
	2	18,7 aC	23,6 aB	27,2 aAB	28,7 bA	27,4 bA
D (mm)	1	23,8 aC	29,4 aBC	33,7 aAB	40,9 aA	41,4 aA
	2	23,4 aC	29,8 aBC	33,8 aAB	36,7 bA	34,9 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna (época de cultivo) e maiúscula na linha (estádio de maturação), não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Observou-se que ocorreu crescimento significativo em comprimento e diâmetro até o quarto estágio avaliado (E4), alcançando em média, respectivamente, 31 e 34,6 mm para a variedade ‘roxa’, 34,4 e 40,9 mm para a variedade ‘verde’ (Tabela 2). Esses resultados demonstram o potencial da região semiárida para a produção de frutos desta espécie pois é semelhante ao obtido para frutos maduros de *P. ixocarpa* em estudos realizados no México por Rodríguez-Burgos et al. (2011) e Ramos-Lopez et al. (2017), e foi superior aos valores observados por Silva et al. (2018) em cultivo realizado na região sudeste do Brasil.

Assim como os estádios de maturação, a época de cultivo influenciou o comprimento e diâmetro dos frutos apenas nos últimos estádios avaliados para as duas variedades. Os frutos colhidos nos dois últimos estádios produzidos de maio a agosto (Época 1) apresentaram médias superiores aos produzidos de agosto a novembro (Época 2). Isso pode ser explicado pelos resultados observados em estudos recentes realizados com espécies de *Physalis*. Nestes a época e as condições de cultivo demonstraram influenciar no desenvolvimento e crescimento de

plantas de *Physalis*, e conseqüentemente, na qualidade dos frutos produzidos (LIMA et al., 2012; SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2018).

CONCLUSÃO

- No semiárido baiano o cultivo de *Physalis ixocarpa* deve ser realizado nas condições ambientais do período de maio a agosto.
- As mudanças nas características dos frutos ao longo dos estádios seguem mesma tendência, independente da época de cultivo, nas variedades ‘verde’ e ‘roxa’ da espécie *P. ixocarpa*.
- Observou-se as melhores características dos frutos quando o cálice está verde com partes secas, completamente expandido e rompido.

REFERÊNCIAS

- ARIATI, A. C. et al. Mineral and organic fertilizer in two *Physalis* species. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 48, p. 3372-3378, 2017.
- BARROSO, N. S. et al. Maturation stages of fruits and physiological seed quality of *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hormen. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3. 2017.
- BENITO-BAUTISTA, P. et al. Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. **Agronomía Mesoamericana**, v. 27, n. 1, p. 115-130, 2016.
- BORGHESI, E et al. Comparative physiology during ripening in tomato rich-anthocyanins fruits. **Plant Growth Regulation**, v. 80, n. 2, pp 207–214, 2016.
- CARVALHO, T. C. et al. Germinação de sementes de *Physalis angulata* L.: estágio de maturação do cálice e forma de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 357-362, 2014.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Fatores pré-colheita e colheita. In: **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: UFLA, 2005.
- CHOI, J. K. et al. Ixocarपालactone A isolated from the Mexican tomatillo shows 46asuali antiproliferative and apoptotic activityin colon 46asual cells. **The FEBS 46asual**, v. 273, n. 24, p. 5714-5723, 2006.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C. et al. Root Zone temperatura, plant growth and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. **HortScience**, v.40, n. 5, p. 1312–1319, 2005.
- ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA – Universidade Estadual de Feira de Santana UEFS / DTEC /INMET, (n.83221). Disponível em: <<http://www.uefs.br/estacaoclimatologica/climafeira.html>> Acessado em: 19 de maio de 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FISCHER, G.; EBERT, G.; LUDDERS, P. Production, seeds and carbohydrate contentes of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes. **Journal of applied botany and food quality**, v. 81, n.1, p.29-35, 2007.

- GONZÁLEZ-MENDOZA, D. et al. Phenolic compounds and physiochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes. **Scientific Research and Essays**, v. 6, n. 17, p. 3808-3814, 2011.
- HASANUZZAMAN, M. et al. Physiological, biochemical and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v.14, n. 5, p.9643-9684, 2013.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia -. Acesso em: 28 de fevereiro 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.
- KHAN, W. et al. Antimicrobial potentials of 47asualiza 47asualiz extracted samples from *Physalis ixocarpa*. **Pakistan 47asual of pharmaceutical sciences**, v. 29, n. 2, 2016.
- LIMA, C. S. M. et al. Avaliação física, química e fitoquímica de frutos de *Physalis*, ao longo do período de colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1004-1012, 2012.
- LIMA, C. S. M. et al. Qualidade pós-colheita de *Physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p.311-317, 2013.
- LIU, Y. et al. Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in solanaceous vegetables: a review. **Frontiers in chemistry**, v. 6, p. 52, 2018.
- MUNIZ, J. et al. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.
- MORALES-CONTRERAS, B. E. et al. Pectin from husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at 47asualiza extraction conditions. **Carbohydrate polymers**, v. 179, p.282-289, 2018.
- MUNIZ, J. et al. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 00, 2015.
- PEÑA-LOMELÍ, A. et al. **Manual Grafico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara** (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). México: SNICS-SAGARPA, Universidad Autónoma Chapingo, 2011. p.90
- RAMOS-LÓPEZ, B. I. et al. Consumo de agua y 47asualizad de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 265-270, 2017.
- RODRÍGUEZ-BURGOS, A. et al. Desarrollo de fruto y semilla de cinco variedades de tomate de cáscara em Sinaloa. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 2, n. 5, p. 673-687, 2011.
- RODRIGUES, F. A. et al. Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* na região de lavras, MG. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 862-867, 2012.
- RUFATO, A. R. et al. A cultura da 47asualiz. In: KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R. (Org.). **Pequenas Frutas**. 1ed. Florianópolis: Editora da UDESC, 2013. p.143-194.
- SILVA, D. F. et al. Light spectrum on the quality of fruits of *Physalis* species in subtropical 47asu. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 371-376, 2016.
- SILVA, D. F. D. et al. Productive and qualitative parameters of of *Physalis* species cultivated under colored shade nets. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. e-528, 2018.
- SINGH, D. B. et al. Introduction, characterisation and evaluation of husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) genotypes under temperate climate. **Indian Journal of Plant Genetic Resources**, v. 26, n. 3, p.226-230, 2013.

SOUZA, M. O. et al. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153-156, 2014.

SOUZA, C. L. M. et al. Biometric characteristics of fruits and physiological characterization of seeds of *Physalis* species (Solanaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 3, p. 277-282, 2017.

THE ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY. RHS colour chart. London: 2001.

THOMÉ, M.; OSAKI, F. Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2010.

VARGAS-PONCE, O. et al. Potencial 48asualizado de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. **Agroproductividad**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2015.

CAPÍTULO II

Influência de duas épocas de cultivo no semiárido baiano na maturação de sementes de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem

Influência de duas épocas de cultivo no semiárido baiano na maturação de sementes de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem

RESUMO

Ao gênero *Physalis* são atribuídos diversos potenciais e usos biotecnológicos e dentre as espécies que têm se destacado neste contexto encontra-se a *P. ixocarpa*. Esta é cultivada por seus frutos e tem como principal meio de propagação as sementes. A utilização de sementes de qualidade é primordial para o sucesso da cultura, contudo para obtenção destas é necessário o cultivo adequado e a colheita quando encontram-se no ponto de maturidade fisiológica. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar a influência da época de cultivo na maturidade fisiológica de sementes de duas variedades de *P. ixocarpa* nas condições de Feira de Santana, Bahia. Em duas épocas de cultivo as sementes das variedades ‘verde’ e ‘roxa’ de *P. ixocarpa* foram coletadas de frutos em cinco estádios de maturação. As sementes recém-colhidas foram avaliadas quanto ao teor de água e massa de matéria seca. Após dessecação em condição ambiente por 72 h, a germinabilidade e o vigor das sementes foram verificados por meio de teste de germinação e emergência de plântulas. Observou-se que a época de cultivo influenciou no processo de maturação das sementes das duas variedades avaliadas, tendo efeito mais pronunciado para a variedade ‘roxa’. Para ambas as variedades a obtenção de sementes de maior qualidade deve ser feita a partir da coleta de frutos no estágio 5 de maturação e o cultivo deve ser realizado no período de maio a agosto, para a região de Feira de Santana-Ba.

Palavras-chave: Solanaceae, fisális, ponto de colheita, tomate de cáscara.

INTRODUÇÃO

Physalis ixocarpa Brot. ex Hornem, natural do México, onde é conhecida como tomate de cáscara, tem os frutos utilizados como hortaliças na culinária tradicional em molhos e saladas. Está entre as sete hortaliças mais importantes no país, e a produção se destina ao mercado nacional e internacional (VERA-SÁNCHEZ et al., 2016). No cenário da horticultura brasileira, seus frutos podem apresentar-se como exóticos com um agregado e significativo valor de mercado.

Assim como grande parte das espécies do gênero *Physalis*, *P. ixocarpa*, apresenta relevante potencial e usos biotecnológicos. O fruto desta espécie é considerado um alimento rico em nutrientes minerais, vitaminas e compostos biologicamente ativos (VARGAS-PONCE et al., 2015). Possuem grande quantidade de pectinas que podem ser utilizadas na indústria de alimentos (MORALES-CORTRERAS et al., 2018). Além disso, o extrato dos frutos possui atividade antibacteriana (KHAN et al., 2016) e atividade quimiopreventiva (CHOI et al., 2006).

O principal meio de propagação desta espécie é por sementes (GARCÍA-OSUNA et al., 2015). De acordo com Lima et al. (2009), para a implantação da cultura *Physalis* o maior dispêndio de gastos é com sementes, pois, por se tratar de uma planta exótica a sua produção e comercialização ainda é restrita.

A utilização de sementes de qualidade é primordial para o sucesso da cultura. Sementes de baixa qualidade fisiológica promovem à formação de plântulas pouco desenvolvidas, ou mesmo anormais, e mais susceptíveis as variações ambientais (FRANZIN et al., 2005), causam prejuízos econômicos ao produtor, pois, muitas vezes além de impedir o estabelecimento adequado da população de plantas, originam plantas com menor altura, diâmetro de caule e rendimento de frutos (MARCOS FILHOS, 2005; SCHUCH et al., 2009).

O máximo potencial de germinabilidade das sementes se dá no momento da maturação fisiológica, logo após, se iniciam diversos processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos que levam ao processo de deterioração, sendo este processo responsável pela diminuição da germinabilidade e vigor de lotes de sementes, o que leva a dificuldades na formação e estabilização do estande de plantas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Além da influência do genótipo, posição do fruto na planta, posição da semente dentro do fruto e do estágio desenvolvimento da planta (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MAZORRA et al. 2003), o alcance da máxima qualidade fisiológica da semente depende das condições ambientais durante o cultivo (DEMIR et al., 2008). Diniz e Novembre (2019)

demonstraram para a espécie *P. peruviana* que as características do ambiente, sobretudo aumento da temperatura, durante o florescimento influencia na velocidade das modificações das características dos frutos durante o desenvolvimento antecipando a maturação dos frutos e das sementes. Além disso, de acordo com Fisher et al. (2007) diferentes ambientes de cultivo exercem efeitos significativos na duração do desenvolvimento, no número e peso de sementes, independente da variedade de *P. peruviana*.

Nos últimos anos, estudos com sementes de *P. ixocarpa* abordam vários aspectos, como o efeito do desenvolvimento e secagem na qualidade e conteúdo de açúcares (PEREZ-CAMACHO et al., 2008), influência do teor de ácidos graxos na longevidade (PICHARDO-GONZÁLEZ et al., 2014), ponto de colheita dos frutos para obter sementes com elevada qualidade (BARROSO et al., 2017). No entanto, verifica-se que são escassas as pesquisas que indiquem como o ambiente pode influenciar na obtenção de sementes de qualidade, visando tanto a utilização pelo agricultor e comercialização, como na conservação de germoplasma.

Portanto, são necessários estudos mais apurados relacionados ao cultivo, maturação dos frutos e viabilidade das sementes da referida espécie, servindo como ponto de partida para investigações posteriores, bem como novas descobertas das suas potencialidades (BARROSO et al., 2017). Assim, este trabalho teve como objetivo verificar a influência da época de cultivo na maturidade fisiológica de sementes de duas variedades de *P. ixocarpa* nas condições de Feira de Santana, Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivo de P. ixocarpa

O cultivo para a coleta de sementes das variedades ‘verde’ e ‘roxa’ de *Physalis ixocarpa* foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, localizada a 12°16’00” de latitude sul e 38°58’00” de longitude oeste, apresentando altitude de 234 metros. A região apresenta temperatura média de 24 °C e precipitações médias em torno de 848 mm anuais, o clima é do tipo seco subúmido, megatérmico (C2rA’a’), conforme a classificação de Thornthwaite e Matther (1955), (ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DA UEFS, 2018). O solo é do tipo podzólico vermelho-amarelo, textura argiloso-arenoso, relevo plano e apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica = 24,0 g kg⁻¹; Ca = 2,8 cmol_c dm⁻³; K = 0,15 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,05 cmol_c dm⁻³; Na = 0,05 cmol_c dm⁻³; H +

Al = 1,98 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; soma das bases = 4,04 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; capacidade de troca catiônica = 124,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; saturação base = 67%; P = 15 mg dm^{-3} ; e pH = 6,1.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados, com quatro repetições, parcela com 50 sementes, em esquema fatorial 2 x 5. A fonte de variação época de cultivo apresentou dois níveis: época 1 (maio a agosto) e época 2 (agosto a novembro) e estágio de maturação, cinco níveis: estágio 1 (E1), estágio 2 (E2), estágio 3 (E3), estágio 4 (E4) e estágio 5 (E5).

As duas épocas de cultivo foram determinadas a partir dos dados meteorológicos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O primeiro período de cultivo foi realizado nos meses de maio a agosto de 2017 (Época 1), quando ocorre maior precipitação total e temperaturas mais amenas. O segundo foi realizado nos meses de agosto a novembro de 2017 (Época 2), no qual se observa a diminuição da precipitação e aumento da temperatura (Figura 1).

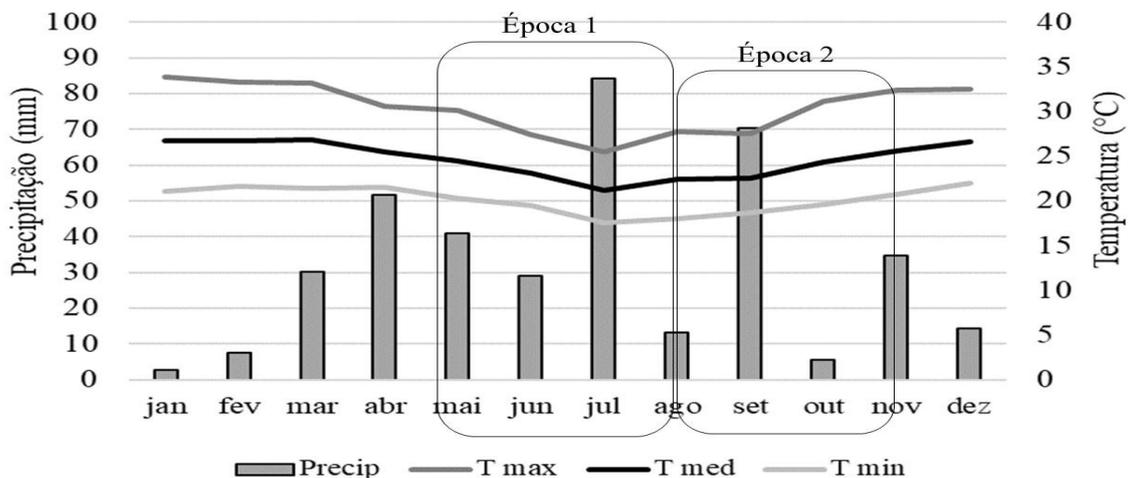


Figura 1. Variações de temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax) do ar e precipitação (Precip) mensais do período experimental em Feira de Santana-BA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2017.

Para a produção das mudas, sementes pertencentes a coleção do laboratório de germinação de sementes da UEFS foram semeadas em copos plásticos de 300 mL preenchidos com substrato comercial Vivatto Slim Plus[®]. Após a emergência foi mantida uma plântula por copo, em telados com 40% de luminosidade e sob irrigação diária por vinte dias. Posteriormente, foram transplantadas 120 mudas para condições de campo aberto. As mudas foram arranjadas em fileiras com espaçamento de 0,8m entre plantas e 2,0m entre linhas. Foi realizada adubação química com NPK conforme recomendado por Thomé e Osaki (2010).

Durante o cultivo foi realizado o tutoramento dos ramos em formato de X seguindo as recomendações de Muniz et al. (2011). O amarrão das plantas com fitilho foi efetuado trinta dias após o transplante e durante todo o desenvolvimento da planta a medida em que os novos ramos cresciam. O sistema de irrigação adotado foi por gotejadores espaçados a cada 0,8 cm. Para o controle de pragas foi utilizado óleo de neem comercial (solução de óleo emulsionável a 1%), diluído em água na proporção de 5 mL.L⁻¹, aplicado com pulverizador manual, a cada 15 dias.

Qualidade fisiológica de sementes

A coleta dos frutos, para a obtenção das sementes, das variedades ‘verde’ e ‘roxa’, foi realizada aos 40 dias após o transplantio para o campo, nas duas épocas de cultivo, quando as plantas apresentavam simultaneamente frutos em todos os estádios de maturação. Foram coletados frutos em diferentes estádios de maturação, posições e orientações na planta. Em laboratório, estes foram agrupados em cinco estádios de maturação de acordo as características do cálice dos frutos conforme Barroso et al. (2017) por meio de seleção visual (Figura 2) totalizando 45 frutos por estádio. Após a coleta, por estádio, as sementes foram retiradas dos frutos, lavadas e agrupadas.

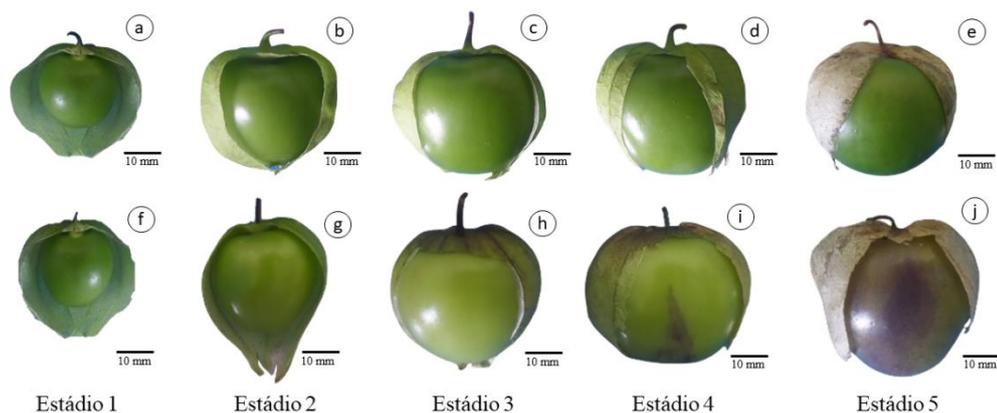


Figura 2. Frutos de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ (a; b; c; d; e) e ‘roxa’ (f; g; h; i; j), no interior do cálice. Características do cálice e o fruto utilizadas para agrupa os estádios de maturação: Estádio 1- cálice verde e não completamente expandidos e o fruto não preenchendo o cálice; Estádio 2 – cálice verde e completamente expandido e o fruto não preenchendo o cálice; Estádio 3 – cálice verde e completamente expandido e o fruto preenchendo completamente o cálice; Estádio 4 – cálice verde com partes secas, completamente expandido e rompido e fruto o preenchendo completamente o cálice; Estádio 5 – cálice seco, completamente expandido e rompido e o fruto preenchendo completamente o cálice.

Imediatamente após a extração, para cada estágio de maturação, uma parte da amostra das sementes foi dividida em quatro repetições de 50 sementes e determinado o teor de água (TA) baseada na ISTA (2007). As sementes foram mantidas a 103 ± 2 °C por 17 ± 1 hora em estufa de circulação de ar, sendo os resultados expressos em %. Este procedimento permitiu também a quantificação da massa da matéria seca de cinquenta sementes, sendo os resultados expressos em miligramas (mg).

A outra parte da amostra de sementes foi submetida a dessecação por 72 horas em condição ambiente. Em seguida, a viabilidade das sementes dessecadas, nos diferentes estádios de maturação, foi determinada pelo teste de germinação. Os ensaios foram conduzidos em câmaras de germinação com fotoperíodo de 12 horas ajustados na temperatura alternada 20-30°C por um período de 21 dias (SOUZA et al., 2017). Para análise do vigor realizou-se teste de emergência de plântulas. Para tanto, sementes dos mesmos tratamentos descritos acima foram semeadas em bandejas de isopor, contendo substrato comercial Vivatto Slim Plus ® e dispostas em ambiente controlado (40% de luminosidade e irrigação diária). As avaliações foram diárias sendo consideradas germinadas as sementes que protruíram radícula com pelo menos 2mm de comprimento e considerando emergência o aparecimento dos cotilédones acima da linha do solo. Com os dados de germinação e emergência diária foi obtido a porcentagem de germinação (G%), o tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de emergência de plântulas (EP%), o tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVG), calculados de acordo com Ranal e Santana (2006).

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e, quando o efeito dos fatores de maneira independente e da interação entre estes foi significativo, realizou-se teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro. A análise dos dados foi realizada por meio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados decorrentes da avaliação do teor de água das sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ e ‘roxa’ foram influenciados significativamente e de forma interativa pelo estágio de maturação e pela época de cultivo (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Teor de água (%) de sementes recém-extraídas de frutos de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ em cinco estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba.

Época	Estádios de maturação (E)					Média
	E1	E2	E3	E4	E5	
1	93bC	81bC	67aB	47aA	42aA	66
2	85aB	67aA	65aA	59bA	55bA	66,2
Média	89	74	66	53	48,5	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 2. Teor de água (%) de sementes recém-extraídas de frutos de *Physalis ixocarpa* ‘roxa’ em cinco estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba.

Época	Estádios de maturação (E)					Média
	E1	E2	E3	E4	E5	
1	79,1 aC	77,9 bC	79,4 bC	54,6 aB	39,9 aA	66,18
2	82,4 aD	70,7 aC	71,6 aC	67,8 bB	54,1 bA	69,32
Média	80,75	74,3	75,5	61,2	47	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Conforme a tabela 1, para *Physalis ixocarpa* ‘verde’ o teor de água das sementes decresceu significativamente à medida que as sementes foram obtidas de frutos em estádios de maturação mais avançados. No período de cultivo de maio a agosto (época 1) observa-se redução significativa do teor de água a partir do estágio 4 de maturação. Já nas sementes provenientes do cultivo realizado de agosto a novembro (época 2) foi verificado redução a partir do estágio 2 e não apresentou diferença significativa dos estádios seguintes. Comparado os resultados da época 1 e 2 nota-se que as condições ambientais de cultivo da época 1 é a que proporciona a produção de sementes com teor de água mais baixos.

O teor de água de sementes de *Physalis ixocarpa* ‘roxa’, assim como para a variedade ‘verde’, decresceu significativamente à medida que as sementes foram obtidas de frutos em estádios de maturação mais avançados (Tabela 2). Nas duas épocas de cultivo analisadas o menor teor de água foi obtido de sementes no estágio 5. Contudo, neste estágio, o teor de água das sementes foi menor quando produzida na época 1.

Apesar de sementes de *P. ixocarpa* serem classificadas como ortodoxas, pois tolera dessecação (BARROSO et al., 2017), quanto atinge a maturidade estas ainda se encontram com teor de água muito maior do que o esperado para este tipo de semente (entre 10 e 15%) (SRIVASTAVA, 2002b). Contudo, os frutos de *P. ixocarpa* são carnosos e em decorrência da própria constituição da polpa o teor de água da semente se mantém alto (DINIZ; NOVEMBRE, 2019). Com isso as sementes não passam pela fase de acentuada dessecação e não sofrem grandes oscilações no seu teor de água devido a umidade relativa elevada no interior do fruto (DEMIR et al., 2002). Ao atingir maturidade fisiológica as sementes permanecem com teor de água dentro da faixa de 30 a 50% comumente encontrada em frutos carnosos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Entretanto, após serem extraídas dos frutos, o teor de água das sementes de *P. ixocarpa* é reduzido para valores entre 17 e 9% a depender do estágio de maturação da semente (BARROSO et al., 2017).

O maior teor de água verificado nas sementes provenientes de cultivo realizado na época 2 quando comparado com os obtidos na época 1, tanto avaliando as sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ como as sementes de *P. ixocarpa* ‘roxa’, pode estar relacionado a atraso no processo de desenvolvimento devido as condições ambientais encontradas neste período. As sementes mantêm o teor de água elevado durante o desenvolvimento pois, dentre outras funções, a água é fundamental para que ocorra a transferência de fotoassimilados da planta mãe para a sementes, para que estes sejam utilizados na síntese de reservas (SRIVASTAVA, 2002b). A diminuição no teor de água ocorre quando aumenta a quantidade de reservas armazenadas (BEWLEY; NONOGAKI, 2017). Devido a temperaturas mais elevadas, menor precipitação e maior luminosidade, como ocorrem nos meses de agosto a novembro (época 2), a planta-mãe redireciona seu metabolismo para tolerar tais condições diminuindo o investimento no desenvolvimento dos frutos (HASANUZZAMAN et al., 2013) e conseqüentemente ocasionando diminuição na deposição de reservas necessárias para que inicie a etapa de desidratação que culmina no alcance da maturidade (BEWLEY; NONOGAKI, 2017).

Teor de água de 45% foi obtido para sementes extraídas de frutos maduros em trabalho realizado por Pérez-Camacho et al. (2008). Já Barroso et al. (2017) verificaram 50% de água em sementes provenientes de frutos maduros. Estes resultados diferem dos observados no presente estudo, pois as sementes coletadas de frutos maduros na época 1 apresentaram teor de água de 42% (variedade ‘verde’) e 39% (variedade roxa) que é menor do que os dos referidos trabalho. Já na época 2 os valores foram superiores aos encontrados por estes autores, sendo verificado teor de água de 55 e 54,1% para variedade ‘verde’ e ‘roxa’ respectivamente.

A variação no teor de água de sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ a depender da época de cultivo assim como nas sementes de *P. ixocarpa* ‘roxa’, em associação com os resultados de Pérez-Camacho et al. (2008) e Barroso et al. (2017) apontam que o teor de água das sementes pode não ser um bom indicador de maturidade fisiológica, pois demonstra sofrer influências ambientais e genéticas. Contudo de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012) quando a semente apresenta acentuada redução no teor de água e teor máximo de matéria seca coincide a capacidade máxima de germinação e vigor, devendo, portanto, estes parâmetros serem utilizados em associação para determinação do ponto de maturidade fisiológica das sementes. Estes autores ressaltam que quando a semente alcança esse ponto e ainda permanece com teor de água elevado o metabolismo permanece ativo e atrasos na colheita pode desencadear na semente o processo de deterioração, causando prejuízos no vigor e na longevidade.

Para a massa de matéria seca das sementes o efeito da interação épocas x estágio não foi significativo, sendo significativo apenas quando testado isoladamente o estágio de maturação para as sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ (Figura 3a) e ‘roxa’ (Figura 3b).

O acúmulo de massa seca ocorreu de maneira inversa as modificações no teor de água aumentando na medida em que as sementes amadureciam. A máxima massa de matéria seca de sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ foi de 96,6 mg quando coletadas de frutos no estágio 4 e as de *P. ixocarpa* ‘roxa’ foi de 96 mg no estágio 5, coincidindo com os estágios em que ocorreu maior reduções no teor de água. Os resultados são semelhantes aos observados por Barroso et al. (2017) para sementes de *P. ixocarpa* e por Santiago et al. (2019) para *Physalis angulata* que verificaram redução no teor de água coincidindo com máximo acúmulo de matéria seca.

O momento em que ocorre o máximo acúmulo de matéria seca e redução acentuada do teor de água seria o ponto de colheita de sementes em sua máxima qualidade fisiológica, pois, este ponto marca o final da etapa de dessecação e de preparação para a interrupção das ligações tróficas com a planta mãe (MARCOS FILHOS, 2005). Entretanto, Ellis e Pieta Filho (1992) aponta que para algumas espécies, o máximo de qualidade fisiológica ocorre antes ou após alcançar a máxima massa da matéria seca, propondo portanto que utilize o termo maturidade fisiológica para o ponto de máxima qualidade fisiológica, denominando o ponto de máximo acúmulo de matéria seca como maturidade de massa. Maturidade fisiológica antes da maturidade com base no máximo acúmulo de matéria seca foi verificado para sementes de *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (FIGUEREDO et al., 2017), *Crambe Abssinica* Hochst (OLIVEIRA et al., 2014) e milho-pipoca (DAVID et al., 2003). Já no trabalho realizado por Santiago et al. (2019) em sementes de *Physalis angulata* a máxima capacidade de germinação

e máximo vigor foi observada após o máximo incremento no peso, portanto a maturidade fisiológica foi alcançada após a maturidade de massa.

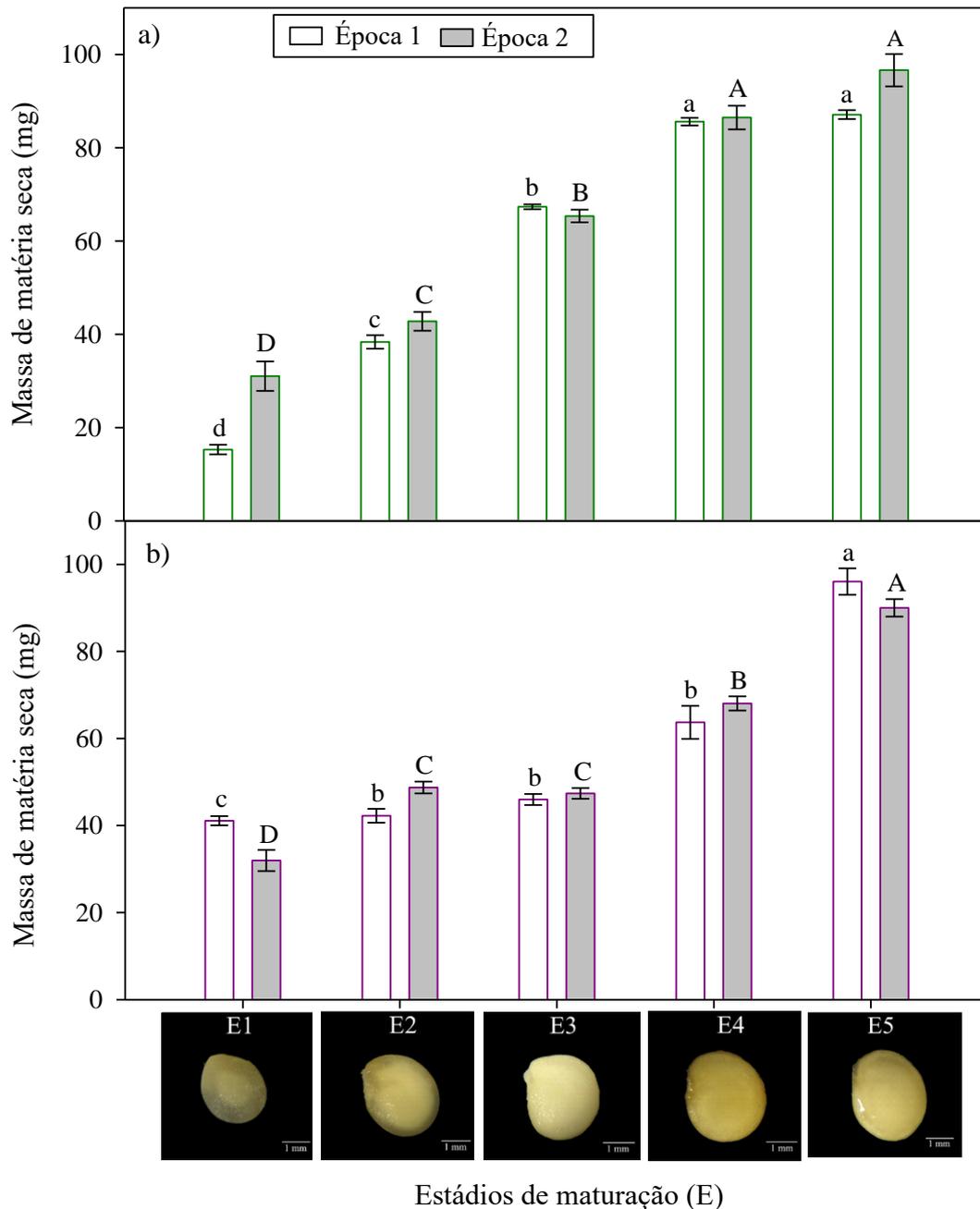


Figura 3. Massa de matéria seca de sementes de *Physalis ixocarpa* 'verde' (a) e 'roxa' (b) em cinco estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba. Imagens representativas das sementes recém extraídas dos frutos em cinco estádios de maturação (E1, E2, E3, E4 e E5). Valores são apresentados pela média \pm erro padrão. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (compara estádios na época 1) e maiúscula (compara estádios na época 2) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Nas sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ a maturidade de massa foi atingida no estágio 4 e *P. ixocarpa* ‘roxa’ no estágio 5 nas duas épocas avaliadas. A associação entre o teor de água e massa de matéria seca com os resultados obtidos nos testes de germinação e emergência de plântulas (Tabela 3 e 4) demonstra que a depender da época de cultivo a maturidade de massa pode coincidir ou não com a maturidade fisiológica. Para as sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ o ponto de maturidade de massa coincide com a maturidade fisiológica quando cultivadas nas condições da época 1. Na época 2 a maturidade fisiológica ocorreu após a maturidade de massa. Já as sementes de *P. ixocarpa* ‘roxa’ alcançaram maturidade fisiológica antes da maturidade de massa na época 1. Na época 2 a maturidade fisiológica coincidiu com a maturidade de massa.

Os resultados de germinação, tempo médio e índice de velocidade de germinação de sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ foram influenciados significativamente e de maneira interativa pela época e estádios de maturação (Tabela 3). O mesmo resultado foi verificado para as sementes de *Physalis ixocarpa* ‘roxa’ (Tabela 4).

Nas sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) aumentaram na medida em que foram coletadas em estágio mais avançados da maturação, atingindo a maior porcentagem e maior índice no estágio 5 independente da época de cultivo. Contudo, as sementes produzidas na época 2 que foram extraídas de frutos no estágio 3 apresentaram maior potencial germinativo (44%) e IVG do que as sementes neste mesmo estágio produzidas na época 1 (6%), indicando que as condições ambientais da época 2 acelerou a aquisição de capacidade de germinação.

A porcentagem de germinação e IVG das sementes de *P. ixocarpa* ‘roxa’ apresentou o mesmo padrão de incremento com o avanço dos estádios de maturação atingindo maior porcentagem e índice no estágio 5 nas duas épocas avaliadas. Entretanto, para esta variedade a época 1 antecipou a aquisição de capacidade de germinação, pois a porcentagem e IVG no estágio 3 e 4 é significativamente maior na época 1 do que na época 2. Estes resultados demonstram que as condições ambientais e a interação do genótipo de *P. ixocarpa* com o ambiente durante o desenvolvimento influenciam na aquisição da capacidade de germinação das sementes.

Tabela 3. Germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ em diferentes estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba.

Época	Estádios de maturação (E)					Média
	E1	E2	E3	E4	E5	
..... G (%)						
1	0 aC	4 aC	6 bC	86,5 aB	97,5 aA	38,8
2	0 aD	6,5 aD	44,5 aC	77,5 bB	96 aA	44,9
Média	0	5,25	25,25	82	96,75	-
..... IVG.....						
1	0 aC	0,4 aC	1,4 bC	11,1 aB	12,6 bA	5,1
2	0 aD	0,6 aD	5,1 aC	11,1 aB	14,9 aA	6,3
Média	0	0,5	3,25	11,1	13,75	-
..... TMG (dias ⁻¹)						
1	0 aA	1 aA	4,1 aB	4,1 aB	4,1 aB	3,4
2	0 aA	5,9 bC	5,2 bC	4 aB	3,50 aB	3,7
Média	0	5,3	4,65	4,05	3,8	-
..... EP (%)						
1	0 aC	0 aC	7,5 bB	76,5 aA	78,5 aA	32,5
2	0 aC	0 aC	26 aB	76 aA	78,5 aA	36,1
Média	0	0	16,7	76,2	78,5	-
..... IVE						
1	0 aC	0 aC	1,4 aB	8 bA	9,3 bA	3,7
2	0 aC	0 aC	2,2 aB	9,9 aA	11,1 aA	4,6
Média	0	0	1,8	8,9	10,2	-
..... TME (dias ⁻¹)						
1	0 aC	0 aC	4,6 aAB	5 bB	4,3 bA	2,8
2	0 aC	0 aC	6,1 bB	4,3 aA	3,7 aA	2,8
Média	0	0	5,3	4,6	4,0	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 4. Germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de sementes *Physalis ixocarpa* ‘roxa’ em diferentes estádios de maturação produzidas em duas épocas, de maio a agosto (época 1) e de agosto a novembro (época 2) de 2017, na região de Feira de Santana-Ba.

Época	Estádios de maturação (E)					Média
	E1	E2	E3	E4	E5	
..... G%						
1	0 aC	1 aC	15 aB	91 aA	89,5 aA	39,3
2	0 aC	0 aC	4 bC	21 bB	85 aA	22
Média	0	0,5	9,5	56	87,25	-
..... IVG.....						
1	0 aC	0,5 aC	1,8 aB	9,4 aA	10,5 bA	4,4
2	0 aC	0 aC	0,38 bC	1,8 bB	12 aA	2,8
Média		0,25	1,09	5,6	11,25	-
..... TMG (dias ⁻¹)						
1	0 aA	4 aA	4,3 aA	4,7 aB	4,9 aB	3,6
2	0 aA	0 bA	3,9 aB	7,2 bC	4 aB	3
Média	0	2	4,1	5,95	4,45	-
..... EP (%)						
1	0 aC	0 aC	15,5 aA	81 aA	83 aA	35,9
2	0 aC	0 aC	0 bC	17,5 bB	76 bA	18,7
Média	0	0	7,8	49,3	80	
..... IVE.....						
1	0 aD	0 aD	1,6 aC	8,1 aB	9,6 aA	3,9
2	0 aC	0 aC	0 bC	1,5 bB	7,7 bA	1,8
Média	0	0	0,8	4,8	8,6	-
..... TME (dias ⁻¹)						
1	0 aB	0 aB	5,3 aA	5,1 aA	4,3 aA	2,9
2	0 aC	0 aC	0 bC	6,2 aB	5,3 aA	2,3
Média	0	0	2,6	5,6	4,8	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

O resultado do tempo médio de germinação (TM) foi o mesmo para *P. ixocarpa* ‘verde’ e para a *P. ixocarpa* ‘roxa’. O menor tempo médio de germinação foi verificado em sementes nos estádios iniciais (1 e 2). Porém não reflete a qualidade das sementes tendo em vista a menor porcentagem de germinação. Dentre os estágios que apresentaram porcentagem de germinação mínimo exigido para lotes de sementes de *P. ixocarpa* considerados de qualidade (acima de 80%) (SNICS, 2014), o menor resultado para o TM foi encontrado a partir do estágio 4 na época 1 e no estágio 5 na época 2.

O aumento na porcentagem de germinação e IVG com o avanço da maturação das sementes estão de acordo com os observados para a mesma espécie nos trabalhos de Pérez-Camacho et al. (2008) e Barroso et al. (2017), nos quais as maiores médias foram obtidos em sementes coletadas de frutos a partir do quarto estágio de maturação. A influência do ambiente na germinação de sementes corrobora Diniz e Novembre (2019) que verificaram para *P. peruviana*, o efeito das características do ambiente durante a formação da semente na germinabilidade, IVG e TM bem como no alcance da maturidade.

Para a porcentagem de emergência, o índice de velocidade (IVE) e o tempo de emergência houve interação entre a época de cultivo e estádios de maturação tanto nas sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ e quanto nas sementes de *P. ixocarpa* ‘roxa’ (Tabela 3 e 4).

A influência dos estádios de maturação e da época de cultivo na emergência de plântulas seguiu tendência semelhante ao observado para os parâmetros de germinação. Nas sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’ e de *P. ixocarpa* ‘roxa’ incremento na porcentagem de emergência e IVE e diminuição do tempo médio necessário para emergir foi verificado na medida em que os estádios finais de maturação foram alcançados. Além disso, a época 2 de cultivo teve influência positiva na aquisição da capacidade de emergência das sementes de *P. ixocarpa* ‘verde’. Já para as sementes de *P. ixocarpa* ‘roxa’ esta influência foi exercida pela época 1. Estes resultados reforçam que as condições ambientais e a interação do genótipo de *P. ixocarpa* com o ambiente durante a formação e maturação das sementes influenciam na aquisição da capacidade germinação e vigor das sementes.

Observa-se que os estádios em que as sementes apresentaram maior germinabilidade e vigor coincidem com os menor teor de água e maior massa de matéria seca. Isto está relacionado, provavelmente, ao aumento do conteúdo de açúcares solúveis totais nos estádios finais do desenvolvimento, que atua na estabilização de membrana de organelas, aumentando a capacidade de tolerância a dessecação melhorando o desempenho do embrião durante a germinação e emergência (MARCOS FILHOS, 2005; PEREZ-CAMACHO et al., 2008).

Em estudo realizado por Bornhofen et al. (2015), também foi observado influência da época de cultivo e da cultivar na determinação da qualidade fisiológica das sementes. Isto indica o efeito das condições climáticas ocorridas no período de formação das sementes sobre a sua qualidade. Para a região de Feira de Santana – Ba, a maior pluviosidade e temperaturas amenas do período de maio a agosto influenciaram positivamente na produção de sementes de qualidade.

CONCLUSÃO

- O período de cultivo exerceu influência no alcance da maturidade das sementes de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ e ‘roxa’.
- Para a obtenção de sementes de maior qualidade, o cultivo de *Physalis ixocarpa* ‘verde’ e ‘roxa’ deve ser realizado no período de maio a agosto, para a região de Feira de Santana-Ba, e a coleta de frutos destinada a obtenção de sementes pode ser realizada a partir do estágio 5 de maturação.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CHOI, J. K. et al. Ixocarpalactone A isolated from the Mexican tomatillo shows potent antiproliferative and apoptotic activity in colon cancer cells. **The FEBS journal**, v. 273, n. 24, p. 5714-5723, 2006.
- BARROSO, N. S. et al. Maturation stages of fruits and physiological seed quality of *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hormen. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3, p.1-9, 2017.
- BORNHOFEN, E. et al. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.
- BEWLEY, J.D.; NONOGAKI, H. Seed Maturation and Germination. **Reference Module in Life Sciences**. Netherlands: Elsevier. p. 1-9, 2017.
- DAVID, A. M. S. S. et al. Maturação de sementes de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p.121-131, 2003.
- DEMIR, I. et al. Effect of seed production environment and time of harvest on tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedling growth. **Research Journal of Seed Science**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2008.
- DEMIR, I. et al. Seed development and maturation in Aubergine (*Solanum melongena* L.). **Gartenbauwissenschaft**, v. 67, n. 4, p. 148-154, 2002.
- DINIZ, F. O.; NOVENBRE, A. D. L. C. Maturation of *Physalis peruviana* L. seeds according to flowering and age of the fruit. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 447-457, 2019.
- ELLIS, R. H.; PIETA FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. **Seed Science Research**, v. 2, p. 9-15, 1992.
- ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA** - Universidade Estadual de Feira de Santana UEFS / DTEC /INMET, (n.83221). Disponível em: <<http://www.uefs.br/estacaoclimatologica/climafeira.html>> Acessado em: 19 de maio de 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistic analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FIGUEIREDO, J. C. et al. Maturação de sementes de pimenta em função de épocas de colheita dos frutos. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 1-7, 2017.

- FISCHER, G. et al. Production, seeds and carbohydrate contents of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes. **Journal of applied botany and food quality**, v. 81, n. 1, p. 29-35, 2007.
- FRANZIN, S. M et al. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.193-197, 2005.
- GARCÍA-OSUNA, H. T. et al. Germinación y micropropagación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) tetraploide. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 6, n. SPE12, p. 2301-2311, 2015.
- HASANUZZAMAN, M. et al. Physiological, biochemical and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v.14, n. 5, p.9643-9684, 2013.
- INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia** -. Acesso em: 28 de fevereiro. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA), **International Rules for Seed Testing Association**. Bassersdorf, Switzerland, 2007.
- KHAN, W. et al. Antimicrobial potentials of different solvent extracted samples from *Physalis ixocarpa*. **Pakistan journal of pharmaceutical sciences**, v. 29, n. 2, p. 467-475, 2016.
- LIMA, C.S.M. et al. Custos de implantação e condução de pomar de *Physalis* na região sul do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ceres**, v.56, n. 5, p.551-561, 2009.
- MARCOS FILHO. **Fisiologia de sementes de espécies cultivadas**. Jaboticabal: Funep, 2005. 546 p.
- MORALES-CONTRERAS, B. E. et al. Pectin from husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at different extraction conditions. **Carbohydrate polymers**, v. 179, p.282-289, 2018.
- MUNIZ, J. et al. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.
- NAKADA, P.G. et al. Desempenho durante o armazenamento de sementes de pepino submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.42-51, 2010.
- OLIVEIRA, M. B. et al. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n. 4, p.1785-1792, 2014.
- PEREZ-CAMACHO, I. et al. Efecto de desarrollo y secado de semillas de *Physalis ixocarpa* brot en germinación, vigor y contenido de azúcares. **Interciencia**, v.33, n.10, p.762-766, 2008.
- PICHARDO-GONZALEZ, J.M. et al. Fatty acids and physiological quality of tomatillo (*Physalis philadelphica* Lam.) seed during natural ageing. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.74, n.4, p.391-396, 2014.
- RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006.
- SANTIAGO, W. R. et al. Physiological maturity of *Physalis angulata* L. seeds. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 3, p. 431-438, 2019.
- SCHUCH, L. O. B. et al. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 144-149, 2009.

SNICS - Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. **Regla para la calificación de semillas tomate *Physalis* spp.** 2014. 15 p. Disponible em: <http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/Documents/2015/Reglas/Tomate%20de%20cascara.pdf> Acesso em: 10 de maio 2018.

SOUZA, C. L. M. et al. Biometric characteristics of fruits and physiological characterization of seeds of *Physalis* species (Solanaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 3, p. 277-282, 2017.

SRIVASTAVA, L. M. seed Development and maturation. In: **Plant growth and development hormones and environment**, Academic Press, New York, 2002b p. 753

THOMÉ, M.; OSAKI, F. Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2010.

VARGAS-PONCE, O. et al. Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. **Agroproductividad**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2015.

VERA-SÁNCHEZ, K. S. et al. **Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México**, México: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2016. 132p

CAPÍTULO III

Influência das condições do semiárido na maturação de frutos e sementes de *Physalis peruviana* L.

Influência das condições do semiárido na maturação de frutos e sementes de *Physalis peruviana* L

RESUMO

O aumento do cultivo, comercialização e consumo de frutos de *Physalis peruviana*, principalmente no Sul e Sudeste do Brasil, tem aumentado em função do seu sabor agradável, diversidade de uso, valor nutricional e terapêutico. Para expandir o plantio desta frutífera no Brasil, o entendimento do processo de maturação dos frutos e formação das sementes é fundamental já que as condições ambientais durante o desenvolvimento da planta têm relevante influência nos atributos dos frutos ao longo da maturação, na produtividade e vigor das sementes. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações físicas e fisiológicas da maturação de frutos e sementes de *P. peruviana* e determinar o melhor estágio para colheita nas condições semiáridas de Feira de Santana, Bahia. Os frutos de *P. peruviana* foram coletados em cinco estádios de maturação. Em cada estágio foi obtido o comprimento, diâmetro, massa de matéria fresca, cor e sólidos solúveis totais (n=45). As sementes recém-extraídas foram avaliadas quanto ao teor de água e massa de matéria seca, e após a secagem em condição ambiente por 72 h, verificou-se a germinação e vigor das sementes. Observou-se que as principais mudanças físicas e fisiológicas na maturação dos frutos ocorreram até o estágio 3, quando os cálices apresentaram a coloração verde-amarelado e os frutos tornaram-se amarelos. Este coincide com a máxima qualidade fisiológica das sementes, indicando que esta é a melhor época de coleta. Por outro lado, a colheita de frutos com características requeridas para a comercialização deve ser realizada quando fruto e cálice estão completamente amarelos, no estágio 4.

Palavras-chave: Solanaceae, qualidade de sementes, pequenas frutas, fisális.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o cultivo e a comercialização de *Physalis peruviana* vêm sendo desenvolvido no Sudeste e Sul do Brasil. As condições ambientais, com baixas temperaturas, bem como a aceitação do fruto foram essenciais para o sucesso nas regiões, apresentando um consumo igual ou até superior às demais culturas do segmento de “pequenas frutas” (MUNIZ et al., 2015a; TREVISANI et al., 2016).

O fruto de origem andina, conhecido por suas propriedades organolépticas (sabor, cheiro e cor), é rico em nutrientes como vitaminas A e C, potássio, fósforo e cálcio, que são essenciais para saúde humana e compostos bioativos considerados funcionais, como alcaloides, flavonoides, carotenoides (PUENTE et al., 2011). Tem se destacado no mercado de consumo *in natura* e na produção de doces sofisticados para festas (MUNIZ et al., 2015a), e sua demanda tem aumentado significativamente ao longo dos anos (WATANABE; OLIVEIRA, 2014).

P. peruviana apresenta tolerância a diversos tipos de clima e solo, tendo, portanto, potencial para ampliar o cultivo comercial para diferentes regiões do Brasil (RUFATO et al., 2013). O cultivo tem sido realizado no Sudeste e Sul do Brasil, contudo é limitado pelos períodos de geada levando a uma maior necessidade de exportação, e ao aumento do preço final para o consumidor (MUNIZ et al., 2015b). Para expandir o plantio desta frutífera, além de pesquisas que busquem desenvolver métodos de cultivo e manejo em diferentes regiões do Brasil, faz-se necessário o entendimento do processo de maturação dos frutos e viabilidade de sementes, pois no caso de *P. peruviana*, estudos têm demonstrado que as condições ambientais durante o seu desenvolvimento têm relevante influência nos atributos dos frutos ao longo da maturação e na produtividade (MAZORRA et al., 2006; PANAYOTOV; POPOVA, 2017). E devido a elevada germinabilidade das sementes estas são o principal meio de propagação (MAZORRA et al., 2003; GARCÍA-OSUNA et al., 2015).

O efeito das condições edafoclimáticas do local de cultivo nas características dos frutos pode ser observado no estudo realizado por Mazorra et al. (2003) no qual, frutos de *P. peruviana* com a mesma coloração e estágio de maturação diferem com relação ao peso, tamanho e taxa de crescimento ao comparar diferentes locais de cultivo. Estes autores verificaram ainda que o local de cultivo também influenciou na duração da maturação das sementes. O mesmo foi observado por Fisher et al. (2007), os quais verificaram que as condições edafoclimáticas do local exerceu efeitos significativos na duração do desenvolvimento, no diâmetro dos frutos, no número e peso de sementes nas três variedades de *P. peruviana* avaliadas.

De acordo com Garcia et al. (2014), embora existam informações generalizadas para determinar a maturidade do fruto, há poucos estudos sobre a maturação de *P. peruviana* para diferentes ecótipos e regiões. Estudos desta natureza permitem verificar o potencial da espécie na região, ao conhecer os atributos dos frutos produzidos e determinar o ponto de colheita, de acordo com a maturidade. Isto garante melhor aproveitamento, aumentando a vida útil do fruto e possibilitando maior retorno econômico, já que a qualidade pós-colheita dos frutos de *P. peruviana* é comprometida quando os frutos são colhidos em estágio iniciais ou em estágios mais avançados (BALAGUERA-LÓPEZ et al., 2016). Ademais, permite determinar um índice de colheita para a produção de sementes de alto vigor, além de servir como ponto de partida para investigações posteriores. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações físicas e fisiológicas da maturação de frutos e sementes de *P. peruviana* e determinar o melhor estágio para colheita nas condições semiáridas de Feira de Santana, Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo foi realizado no período de maio a outubro de 2017 na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), BA, Brasil, localizada a 12°16'00" de latitude sul e 38°58'00" de longitude oeste, apresentando altitude de 234 metros. O clima da região é do tipo seco subúmido, megatérmico (C2rA'a'), possuindo temperatura média de 24 °C e precipitações médias em torno de 848 mm anuais, conforme a classificação de Thornthwaite & Matther (1955) (ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DA UEFS, 2015). O solo é do tipo podzólico vermelho-amarelo, textura argiloso-arenoso, relevo plano e apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica = 24,0 g kg⁻¹; Ca = 2,8 cmolc dm⁻³; K = 0,15 cmolc dm⁻³; Mg = 1,05 cmolc dm⁻³; Na = 0,05 cmolc dm⁻³; H + Al = 1,98 cmolc dm⁻³; soma das bases = 4,04 cmolc dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 6,02 cmolc dm⁻³; saturação base = 67%; P = 15 mg dm⁻³; e pH em água = 6,1.

Para a caracterização dos frutos, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados. As médias foram obtidas de três repetições, com parcela constituída de 15 frutos. Para o teste de germinação das sementes, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. As médias foram obtidas de quatro repetições, com cada parcela constituída de 50 sementes.

Para a produção das mudas, sementes pertencentes a coleção do laboratório de germinação de sementes da UEFS foram semeadas em copos plásticos de 300 mL preenchidos com substrato comercial Vivatto Slim Plus[®]. Após a emergência foi mantido uma plântula por

copo, em telados (40% de luminosidade) e sob irrigação diária. Trinta dias após a semeadura, foi feito o transplante de 60 mudas para condições de campo aberto. As mudas foram arranjadas em fileiras com espaçamento de 0,8m entre plantas e 2,0m entre linhas. Foi realizada adubação química com NPK conforme recomendado por Thomé e Osaki (2010).

Durante o cultivo realizou-se o tutoramento dos ramos em formato de X segundo as recomendações de Muniz et al. (2011). O sistema de irrigação adotado foi por gotejadores espaçados a cada 0,8 m. Para o controle de pragas utilizou-se solução de óleo emulsionável de neem comercial (1%), diluído em água na proporção de 5 mL L⁻¹, aplicado com pulverizador manual, a cada 15 dias, no início do desenvolvimento das plantas, quando se observava maior incidência e ataque de pragas.

Análises físico-químicas e maturação dos frutos

Aos quatro meses após o transplante para o campo, foram coletados frutos em diferentes estádios de maturação, em diferentes posições e orientações na planta. Em laboratório, estes foram agrupados em cinco estádios de maturação e acordo as características dos cálices e frutos conforme a Norma Técnica Colombiana 4580 (ICONTEC,1999) por meio de seleção visual baseada na cor do epicarpo do fruto (Estádio 1 – verde claro (cor 1); Estádio 2 – verde claro e centro do fruto com tonalidade amarelada (cor 2); Estádio 3 – amarelo claro com coloração verde na zona que liga ao cálice (cor 3) ; Estádio 4 – amarelo (cor 5); Estádio 5 – amarelo intenso (cor 6)) totalizando 45 frutos por estádio.

Após a seleção visual, as cores predominantes do epicarpo dos frutos e cálices foram determinadas com base na carta de cores RHS (THE ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY, 2001). A amostra de 45 frutos por estádio foi dividida em três repetições de 15 frutos e determinado a massa de matéria fresca (g), o diâmetro (medida na região mediana do fruto) e comprimento (medida do ápice a base) dos frutos (mm) utilizando balança analítica Shimadzu AY220 (0,001g) e paquímetro digital da marca Cosa (0,01mm), respectivamente. O teor de sólidos solúveis totais (TSS) foi medido indiretamente colocando uma gota do sumo do fruto no prisma do refratômetro manual da marca Atago com correção de temperatura para 20 °C e expresso em °Brix.

Qualidade fisiológica de sementes

Após a caracterização dos frutos, por estádio, as sementes foram extraídas dos frutos, lavadas e agrupadas. Imediatamente após coleta uma parte da amostra das sementes foi dividida em quatro repetições de 50 sementes e determinado o teor de água (TA) baseada na ISTA (2007). As sementes foram mantidas a 103 ± 2 °C por 17 ± 1 hora em estufa de circulação de

ar, sendo os resultados expressos em %. Este procedimento permitiu também a quantificação da massa da matéria seca de cinquenta sementes, sendo os resultados expressos em miligramas (mg).

A outra parte da amostra de sementes foi submetida a dessecação por 72 horas em condição ambiente. Em seguida, a viabilidade das sementes dessecadas, nos diferentes estádios de maturação, foi determinada pelo teste de germinação. Os ensaios foram conduzidos em câmaras de germinação com fotoperíodo de 12 horas ajustados na temperatura alternada 20-30°C por um período de 21 dias (SOUZA et al., 2017). Para análise do vigor realizou-se teste de emergência de plântulas. Para tanto, sementes dos mesmos tratamentos descritos acima foram semeadas em bandejas de isopor, contendo substrato comercial Vivatto Slim Plus ® e dispostas em ambiente controlado (40% de luminosidade e irrigação diária). As avaliações foram diárias sendo consideradas germinadas as sementes que protruíram radícula com pelo menos 2mm de comprimento e considerando emergência o aparecimento dos cotilédones acima da linha do solo. Com os dados de germinação e emergência diária foi obtido a porcentagem de germinação (G%), o tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de emergência de plântulas (EP%), o tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVG), calculados de acordo com Ranal e Santana (2006).

Os dados foram submetidos à análise de variância e para a comparação entre as médias utilizou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada por meio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudanças nas características dos frutos de *Physalis peruviana* ao longo dos estádios de maturação estão apresentadas na Figura 1.

Nos estádios iniciais de maturação os cálices apresentavam-se completamente verdes (144A-RHS) (Figura 1a, b, c). Na medida em que a maturação avançou, ocorreu alteração na coloração tornando-se amarelo (12A-RHS) no estádio 4 (Figura 1d) e marrom amarelado (163A-RHS) no estádio 5 (Figura 1e). As modificações na coloração do cálice ocorrem devido a degradação da clorofila, pigmento responsável pela coloração verde do cálice (BARROSO et al., 2017). A presença deste pigmento nos estádios iniciais é importante pois o cálice verde é capaz de realizar fotossíntese e contribui para o peso do fruto e o desenvolvimento da semente, além de nessa etapa atuar como um regulador do microclima interno, e manter a temperatura e umidade necessária para o desenvolvimento do fruto (LI et al., 2019).

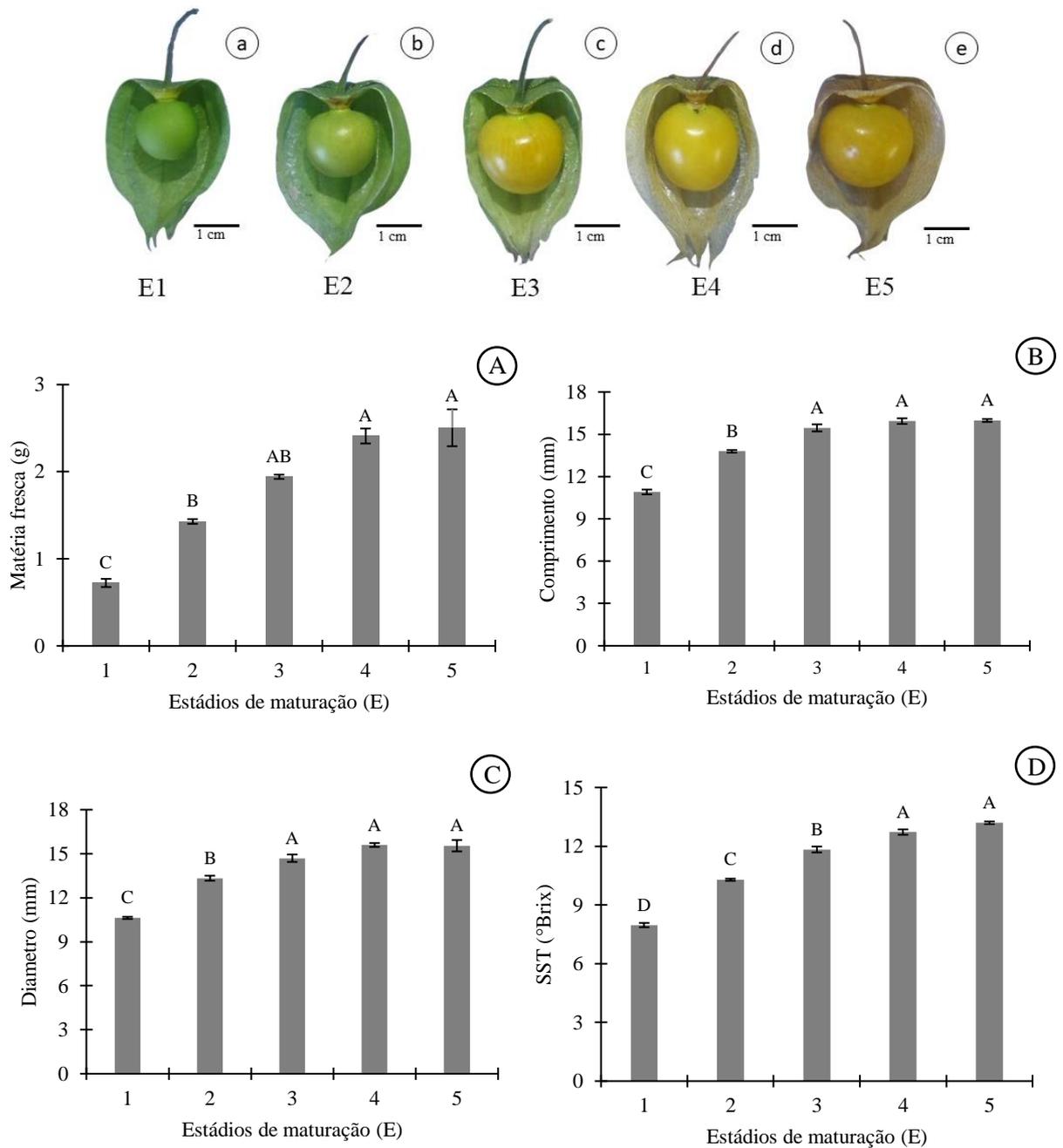


Figura 1. Matéria fresca (A), comprimento (B), diâmetro (C) e teor de sólidos solúveis totais (SST) (D) de frutos de *Physalis peruviana* em cinco estádios de maturação (a; b; c; d; e). Valores são apresentados pela média \pm erro padrão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

A coloração dos frutos de acordo com a da carta de cores The Royal Horticulture Society (RHS) foi verde verdes (144A-RHS) no estágio 1, verde amarelado (145A-RHS) no estágio 2, passando a variar a tonalidade da cor amarelo entre os estádios 3 e 4 (12A a 19B-RHS) até atingir a coloração laranja amarelado (22A-RHS) no estágio 5. A coloração amarela é mais acentuada nos estádios finais de maturação dos frutos, pois é nesta etapa, que ocorre maior acúmulo de β -caroteno (BRAVO et al., 2015). Este pigmento é responsável pela cor amarelo

alaranjada e modifica as propriedades organolépticas do fruto maduro, tornando-o mais atrativo para os dispersores de sementes (BRAMLEY, 2002).

Esse resultado é semelhante ao observado no estudo realizado na Colômbia por Mazorra et al. (2003), que observaram mudanças na coloração dos frutos ao longo do processo de maturação. As cores determinadas por estes autores por meio da carta de cores The Royal Horticulture Society (RHS) foram semelhantes as observadas neste estudo, o que mostra que a carta de cores que é de fácil manuseio em campo e pode ser uma ferramenta eficiente a ser utilizada na coleta de frutos no ponto de colheita adequado. Esta identificação é fundamental para colheita, pois, em *Physalis*, a cor é a principal característica utilizada para determinar o ponto de colheita do fruto e garantir a obtenção de frutos com as características que satisfazem os requisitos exigidos pelo mercado (RUFATO, 2008).

Na avaliação da massa de matéria fresca (MMF), comprimento e diâmetro dos frutos foi observado incremento significativo ao longo da maturação (Figura 1A, B e C). A partir do estágio 3 não foi verificada diferença estatística para estas características.

A estabilização da massa, do diâmetro e do comprimento indicam que no estágio 3 os frutos de *P. peruviana* atingiram maturidade pois de acordo com Chitarra e Chitarra (2005) no momento em que o fruto atinge a maturidade não há mais aumento do tamanho, sendo, portanto, o estágio ideal para a colheita dos frutos. As mudanças na coloração dos cálices e frutos a partir do estágio 3 confirmam esta hipótese pois de acordo com Paul et al. (2012) na fase de amadurecimento, que inicia após o fruto atingir a maturidade, ocorre a alteração na cor e estão associadas à perda de clorofila, e ao acúmulo de outros pigmentos tais como, carotenoides e antocianinas.

Estes resultados são semelhantes ao obtido por Diniz e Novembre (2019) para frutos originados de flores emitidas aos 105 dias após o transplante e coletados aos 60 dias após a antese e por Lima et al. (2009) que observaram incremento na massa e no diâmetro enquanto o cálice ainda apresentava a coloração verde amarelado e frutos amarelos. Já Rodrigues et al. (2012) e Sbrussi et al. (2014) observaram incremento nestas variáveis até o cálice apresentar a coloração amarelo esverdeado. A associação entre os resultados obtidos no presente estudo e por Diniz e Novembre (2019), Lima et al. (2009), Rodrigues et al. (2012) e Sbrussi et al. (2014) demonstram que esta diferença com relação ao ponto em que o fruto atinge a maturidade pode estar relacionada as condições ambientais durante o desenvolvimento pois de acordo com Diniz e Novembre (2019) para *P. peruviana* as características do ambiente, sobretudo aumento da temperatura, durante o florescimento influencia na velocidade das modificações das

características dos frutos durante o desenvolvimento antecipando a maturação dos frutos e das sementes.

As maiores médias observadas para a MMF (2,4 g), comprimento (15,9 cm) e diâmetro (15,6 cm) alcançadas no estágio 4, foram semelhantes à média de 2,39 g de MMF e 15,43 mm de diâmetro observadas por Rodrigues (2018) em cultivo realizado em São Domingos-PB. Contudo são inferiores aos resultados obtidos em outras regiões brasileiras como em Lavras-MG, 3g de MMF, 17,45 mm de comprimento e 18,55 mm de diâmetro (RODRIGUES et al., 2012) e em Londrina -PR, 18,4 mm de comprimento e 19,8mm de diâmetro (SBRUSSI et al., 2014).

Apesar dos resultados inferiores quando comparado a outras regiões do Brasil, os frutos produzidos na região semiárida de Feira de Santana apresentam potencial para comercialização, estando dentro da categoria B de acordo com a norma técnica colombiana (NTC 4580) para frutos de *P. peruviana* na qual os frutos são classificados em cinco tamanhos (A: $\leq 15,0$; B: 15,1 - 18,0; C: 18,1 - 20,0; D: 20,1 - 22,0; e E: $\geq 22,1$ mm) (ICONTEC,1999).

De acordo com os resultados apresentados na figura 1D, o teor de sólidos solúveis (TSS) tende a aumentar significativamente com o avanço da maturação. As maiores médias foram observadas nos estádios 4 e 5 (13,7 e 14,2 °Brix) os quais não diferiram estatisticamente. De acordo com a norma técnica colombiana (NTC 4580) para a comercialização de frutos de *P. peruviana* o conteúdo de SST deve ser, no mínimo, 14 °Brix. Portanto, os valores obtidos estão dentro dos padrões necessárias para a colheita e comercialização, semelhante a média de 13,81°Brix em frutos com cálice amarelo e 14,21 °Brix em frutos com cálice amarelo-amarronzado verificado por Rodrigues et al. (2012) e 14,5 °Brix para frutos com cálice marrom amarelado por Lima et al. (2009).

O teor de sólidos solúveis (SST) é uma característica de grande relevância para a maioria das espécies de *Physalis*, as quais são utilizadas principalmente para consumo *in natura*, pois está relacionado com o sabor do fruto. As modificações no sabor se dão devido a biossíntese de açúcares, pela mobilização de reservas e por um equilíbrio entre açúcares, ácidos e compostos adstringentes durante a fase de amadurecimento dos frutos (PALLARDY, 2008; BECKLES et al., 2012). Assim o amadurecimento resulta na conversão de um fruto menos palatável em um fruto com propriedades organolépticas atrativas, nutricionalmente rico e colorido (KUMAR et al., 2014). Neste contexto, a colheita de frutos de *P. peruviana* que apresentam as características adequadas para a comercialização e consumo deve ser realizada no estágio 4, pois neste é encontrado elevado valor médio de massa de matéria fresca, comprimento, diâmetro e máximo teor de sólidos solúveis totais.

Em relação ao processo de maturação das sementes, o teor de água (TA) diferiu significativamente entre os estádios de maturação (Figura 2). Inicialmente, no estágio 1 quando as sementes se encontravam imaturas o teor de água era de 52%, este reduziu significativamente até atingir 32% no estágio 3. O teor de água se manteve elevado mesmo em estádios avançados de maturação.

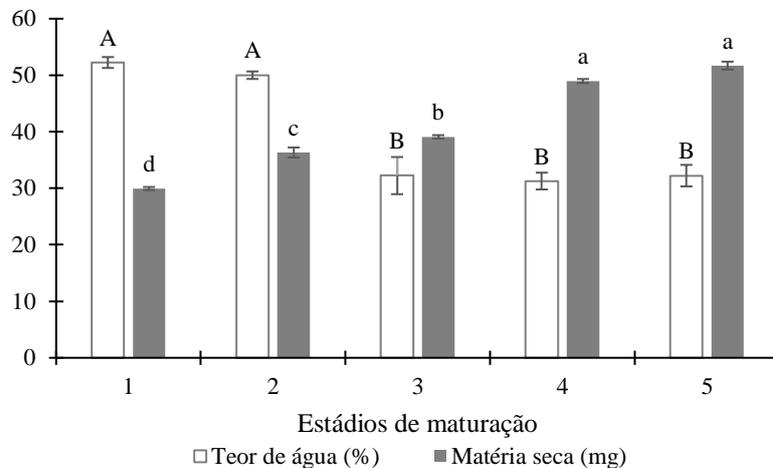


Figura 2. Teor de água (%) e massa de matéria seca (mg) de sementes nos cinco estádios de desenvolvimento dos frutos de *Physalis peruviana*. Valores são apresentados pela média \pm erro padrão. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (compara o teor de água) e maiúscula (compara massa de matéria seca) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Teor de água elevado, mesmo após atingir a maturidade fisiológica, foi encontrado em sementes de outras espécies de *Physalis* como as de *P. ixocarpa* com TA acima de 50% de água (BARROSO et al., 2017) e *P. angulata* TA acima de 30% de água (SANTIAGO et al., 2019) o que indica que esta é uma característica de espécies do gênero *Physalis*. Mesmo apresentando tolerância a dessecação, sendo, portanto, sementes ortodoxas (BARROSO et al., 2017; SANTIAGO et al., 2019; DINIZ; NOVENBRE, 2019), estas apresentaram teor de água elevado durante todo seu desenvolvimento.

Nas fases iniciais de maturação das sementes o alto teor de água é necessário tanto para a translocação de metabólitos da planta para as sementes, quanto para expansão celular. Entretanto, no final deste processo este teor diminui, reduzindo os processos metabólico e a semente passa para o estado quiescente podendo então ser dispersa (BEWLEY; NONOGAKI, 2017). No caso de frutos carnosos, como os de *Physalis*, em decorrência da própria constituição da polpa o teor de água da semente se mantém alto (DINIZ; NOVENBRE, 2019). Neste caso, devido a umidade relativa no interior do fruto as sementes não passam pela fase de acentuada dessecação e não sofrem grandes oscilações no seu teor de água (DEMIR et al., 2002). Assim, ao atingir maturidade fisiológica as sementes ortodoxas que se desenvolvem em frutos carnosos

permanecem com teor de água dentro da faixa de 30 a 50% (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O acúmulo de matéria seca nas sementes (Figura 2) ocorreu de maneira inversa as modificações no teor de água aumentando na medida em que as sementes amadureciam e diferiu significativamente entre os estádios de maturação. A massa de matéria seca de sementes (MMS) no estágio 1 foi de 29,9 mg, aumentou significativamente até 48,9 mg de matéria seca no estágio 4.

Durante o desenvolvimento das sementes, nos estágios iniciais, há um grande aumento no peso seco da semente devido à deposição de reservas nos tecidos de armazenamento (BEWLEY; NONOGAKI, 2017). Até o estágio 4 observou-se acúmulo de matéria seca acentuado, evidenciando que as sementes se encontravam nesta etapa do desenvolvimento. Contudo, a partir deste estágio não ocorreu acréscimo significativo na massa de matéria seca das sementes indicando que atingiram maturidade de massa conforme proposto por Ellis e Pieta Filho (1992).

Resultado semelhante foi observado por Rodrigues (2018) ao analisar a maturação de sementes de *Physalis peruviana* no semiárido, verificando acúmulo de massa seca ao longo dos estádios de maturação atingindo valor máximo quando o fruto e cálice apresentaram a cor laranja (41 dias após a antese). Já Diniz e Novembre (2019), em Piracicaba- SP, encontrou incremento no peso das sementes de *P. peruviana* até os frutos estarem amarelo-esverdeada e cálice verde-amarelo. Diferente de Sbrussi et al. (2014) que não verificou incremento no peso de sementes durante a maturação de frutos produzidas em Londrina-PR. Estes resultados distintos ocorrem devido a influência das condições climáticas na velocidade das modificações das características dos frutos de *P. peruviana* durante o desenvolvimento, bem como pelas possíveis diferenças genéticas do material utilizado na propagação (MAZORRA et al., 2003; FISCHER et al., 2007).

A porcentagem de germinação também diferiu significativamente entre os estádios de maturação (Tabela 1). A maior porcentagem de germinação foi obtida em sementes coletadas de frutos no estágio 3, antes de atingir o ponto de maturidade de massa. As sementes de *P. peruviana* apresentaram porcentagem de germinação acima de 50% já no segundo estágio avaliado. A porcentagem de germinação aumentou com o avanço da maturação dos frutos sendo observado valores próximos a 90% a partir do estágio 3, não diferindo significativamente dos estádios subsequentes. Observações semelhantes foram notadas com relação ao tempo médio e índice de velocidade de germinação, pois as sementes extraídas de frutos com coloração

amarela e cálice verde amarelado exibiram maior porcentagem de germinação no menor intervalo de tempo.

Tabela 1. Germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas (EP), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de sementes de *Physalis peruviana* em diferentes estádios de maturação. Feira de Santana-BA, 2019.

	G (%)	TMG (dias ⁻¹)	IVG	EP (%)	TME (dias ⁻¹)	IVE
E1	11,5c	7,1b	0,9c	0c	0c	0c
E2	63b	6,5ab	5,41b	47b	9b	2,8b
E3	88a	5,6a	8,31a	89,5a	7,1a	6,5a
E4	90,5a	5,28a	8,8a	91a	7a	6,6a
E5	91,5a	5,2a	8,9a	89a	7,3a	6,1a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada variável analisada não diferem entre si pelo teste Tukey, 0,05 de probabilidade

A emergência das plântulas, o tempo médio e o índice de velocidade de emergência foram influenciados significativamente pelo estágio de maturação do fruto, atingindo as maiores médias no estágio 3, semelhantes aos resultados de germinação (Tabela 1). Nas sementes coletadas no estágio 1 a porcentagem de emergência de plântulas foi nula, isto pode estar relacionado ao fato de, por se encontrar no estágio inicial de desenvolvimento, nem todas as sementes teriam adquirido a capacidade de emergir devido ao embrião estar em dormência primária e não estar completamente formado (BEWLEY; NONOGAKI, 2017). Porém, a coleta a partir do estágio 3 foi observado elevada taxa de emergência (próximo a 90%) menor tempo médio (7 dias) e melhor índice de velocidade (6,5) indicando que as sementes se encontravam mais bem formadas e com maior vigor.

Semelhante ao encontrado neste estudo, o aumento gradual na germinação durante o amadurecimento das sementes de *P. peruviana* foi relatado por Rodrigues (2018) e Diniz e Novembre (2019). Contudo, estes autores verificaram maior porcentagem de germinação, emergência e índice de velocidade de germinação e emergência em sementes provenientes de fruto e cálice amarelos. Diferente de Sbrussi et al. (2014) que não observaram influenciam estágio de maturação na porcentagem de germinação, emergência e índice de velocidade de emergência de sementes de *P. peruviana*.

A análise conjunta do teor de água, germinação de sementes e emergência plântulas indicam que no estágio 3 pode ser obtido sementes de *P. peruviana* que atingiram a maturidade fisiológica de semente, porém máximo acúmulo de matéria seca é observado a partir do estágio

4. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a maturidade fisiológica é alcançada quando a semente apresenta teor máximo de matéria seca e acentuada redução no teor de água coincidindo com a capacidade máxima de germinação e vigor. Entretanto, Ellis e Pieta Filho (1992) consideram necessário que se utilize o termo maturidade fisiológica para o ponto de máxima qualidade fisiológica, denominando o ponto de máximo acúmulo de matéria seca como maturidade de massa, visto que, para algumas espécies, o máximo de qualidade fisiológica ocorre antes ou após alcançar a máxima massa da matéria seca.

Neste trabalho as sementes atingiram maturidade fisiológica antes da maturidade com base no máximo acúmulo de matéria seca. Resultado semelhante foi verificado para sementes de outras espécies como *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (FIGUEREDO et al., 2017), *Crambe Abssinica* Hochst (OLIVEIRA et al., 2014) e milho-pipoca (DAVID et al., 2003).

Faria et al. (2002) supõe que a composição bioquímica antes da maturidade fisiológica é mais simples e, dessa forma, as sementes seriam capazes de embeber água mais rapidamente, para iniciar a cadeia de reações enzimáticas necessárias para converter materiais de reserva em metabolizados e capazes de iniciar a germinação. Estes autores apontam ainda que o vigor não está necessariamente associado com a quantidade ou com o total de matéria seca na semente, mas com a composição ou a disponibilidade de fatores nutritivos específicos mais decisiva para a viabilidade das sementes do que o conteúdo total desses fatores.

A maturidade das sementes é um dos principais indicadores de maturidade dos frutos pois no ponto em que o fruto atinge a maturidade coincide com o momento em que as sementes alcançam máxima germinabilidade (MAZORRA et al., 2003). As sementes atingiram maturidade fisiológica quando os frutos apresentaram coloração amarela e cálice verde amarelado. Entretanto, tanto no presente estudo como em trabalhos anteriores, neste ponto os frutos apresentam características físico-químicas inferiores a requerida para a comercialização, devendo, portanto, considerar realizar a coleta de frutos destinado ao consumo quando os frutos e cálices estiverem amarelos (estádio 4).

Estudos acerca da influência das condições de cultivo do semiárido baiano no desenvolvimento de frutos e sementes de diferentes variedades da *P. peruviana* fazem-se necessários a fim de potencializar a produção da espécie na região, pois variedades dessa espécie apresentam frutos maiores, mais pesados, maior produtividade e diferença na composição de carboidratos a depender das condições edafoclimáticas do local de cultivo (FISCHER et al., 2007).

CONCLUSÃO

- Os frutos de *Physalis peruviana* produzidos nas condições semiáridas de Feira de Santana, Bahia, têm características dentro do padrão para comercialização.
- Os frutos destinados ao uso *in natura*, devido às suas características físico-químicas, devem ser colhidos no estágio 4, quando o cálice e fruto apresenta a coloração amarelo (12A-RHS).
- Sementes de *Physalis peruviana* de maior qualidade fisiológica foram obtidas no estágio 3 e podem ser colhidas quando o cálice apresenta a coloração verde-amarelado e fruto amarelo.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- BALAGUERA-LÓPEZ, H. E. et al. Effect of the maturity stage on the postharvest behavior of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits stored at room temperature. **Bioagro**, v. 28, n. 2, p. 117-124, 2016.
- BARROSO, N. S. et al. Maturation stages of fruits and physiological seed quality of *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hormen. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3, p.1-9, 2017.
- BECKLES, D. M. et al. Fatores bioquímicos que contribuem para o teor de açúcar no fruto de tomate: uma revisão. **Frutas**, v. 67, n. 1, p. 49-64, 2012.
- BRAMLEY, P. M. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, p. 2107-2113, 2002.
- BRAVO, K. et al. Influence of cultivar and ripening time on bioactive compounds and antioxidant properties in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 7, p. 1562-1569, 2015.
- BEWLEY, J.D.; NONOGAKI, H. Seed Maturation and Germination. **Reference Module in Life Sciences**. Netherlands: Elsevier. p. 1-9, 2017.
- DAVID, A. M. S. S. et al. Maturação de sementes de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p.121-131, 2003.
- DEMIR, I. et al. Seed development and maturation in Aubergine (*Solanum melongena* L.). **Gartenbauwissenschaft**, v. 67, n. 4, p. 148-154, 2002.
- DINIZ, F. O.; NOVENBRE, A. D. L. C. Maturation of *Physalis peruviana* L. seeds according to flowering and age of the fruit. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 447-457, 2019.
- ELLIS, R. H.; PIETA FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. **Seed Science Research**, v. 2, p. 9-15, 1992.

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA - Universidade Estadual de Feira de Santana UEFS / DTEC / INMET, (n.83221). Disponível em: <<http://www.uefs.br/estacaoclimatologica/climafeira.html>> Acessado em: 19 de maio de 2018.

FARIA, M. A. V. R. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho colhidas em diferentes estádios de “linha de leite”. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 93 - 104, 2002.

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

FIGUEIREDO, J. C. et al. Maturação de sementes de pimenta em função de épocas de colheita dos frutos. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 1-7, 2017.

FISCHER, G. et al. Production, seeds and carbohydrate contents of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes. **Journal of applied botany and food quality**, v. 81, n. 1, p. 29-35, 2007.

GARCÍA-OSUNA, H. T. et al. Germinación y micropropagación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) tetraploide. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 6, n. SPE12, p. 2301-2311, 2015.

GARCÍA, M. C. et al. Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: CARVALHO, C.P. P. E D.A. MORENO (eds.). **Physalis peruviana: fruta andina para el mundo**. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED; Limencop. 2014. p. 80-113.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA), **International Rules for Seed Testing Association**. Bassersdorf, Switzerland, 2007.

ICONTEC, Norma Técnica Colombiana 4580. **Frutas frescas, uchuva, especificaciones**. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, pp. 5-7 (1999).

KUMAR, R. et al. Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 16, p. 4561-4575, 2014.

LI, J. et al. Chinese lantern in *Physalis* is an advantageous morphological novelty and improves plant fitness. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2019.

LIMA, C. S. M. et al. Características físico-químicas de physalis em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1061-1068, 2009.

MAZORRA, M. F. et al. Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). **Acta Biológica Colombiana**, v. 11, n. 1, p. 69-81, 2006.

MAZORRA, M. F. et al. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). **Agronomía Colombiana**, v. 21, n. 3, p. 175-189, 2003.

MUNIZ, J. et al. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.

MUNIZ, J. et al. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 00, 2015a.

- MUNIZ, J. et al. Crescimento vegetativo e potencial produtivo de fisális. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 1, p. 15-23, 2015b.
- OLIVEIRA, M. B. et al. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n. 4, p.1785-1792, 2014.
- PALLARDY, S. G. Reproductive Growth. In: **Physiology of Woody Plants**. 3ed. Academic Press, New Yourk, 2008. p. 464
- PANAYOTOV, N.; POPOVA, A. Biological Characterstics and Productivity of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Plants According to Different Term of Seedling Sowing. **Agro-knowledge Journal**, v. 17, n. 3, p. 267-277, 2017.
- PAUL, V. et al. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—an overview. **Journal of food science and technology**, v. 49, n. 1, p. 1-21, 2012.
- PUENTE, L. A. et al. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.
- RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006.
- RODRIGUES, F. A. et al. Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na região de Lavras-MG. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p.862-867, 2012.
- RODRIGUES, M. H. B. S. **Caracterização fenológica, produtividade e maturação de frutos e sementes *Physalis peruviana* L.** 2018. 69p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical). Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB.
- RUFATO, A. de R. et al. (Org.). **Pequenas frutas**. Florianópolis: UDESC, 2013. p. 143-193. (Série Fruticultura, 2)
- RUFATO, L. **Aspectos técnicos da cultura da *Physalis***. Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPel, 100p, 2008.
- SANTIAGO, W. R. et al. Physiological maturity of *Physalis angulata* L. seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 431-438, 2019.
- SBRUSSI, C. A. G. et al. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.
- SOUZA, C. L. M. et al. Biometric characteristics of fruits and physiological characterization of seeds of *Physalis* species (Solanaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 3, p. 277-282, 2017.
- THE ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY. **RHS colour chart**. London: 2001.
- TREVISANI, N. et al. Selection of fisális populations for hibridizations, based on fruit traits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2: (e-568), 2016.
- THOMÉ, M.; OSAKI, F. Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2010.
- WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. de. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 023-038, 2014.