



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

WILLEN RAMOS SANTIAGO

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L. EM FUNÇÃO
DE FATORES ECOFISIOLÓGICOS, PROMOTORES QUÍMICOS E MATURIDADE
FISIOLÓGICA**

Mossoró - RN
2016

WILLEN RAMOS SANTIAGO

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L. EM FUNÇÃO DE FATORES ECOFISIOLÓGICOS, PROMOTORES QUÍMICOS E MATURIDADE FISIOLÓGICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia/Agricultura Tropical.

Linha de Pesquisa: Nutrição, Irrigação, Propagação de Plantas e Tecnologia de Sementes.

Orientador: Prof. Dr. Salvador Barros Torres

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Juliana Nobre Simões Gama

Mossoró - RN
2016

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do autor, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu respectivo autor seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

S232p Santiago, Willen.
Potencial fisiológico de sementes de *Physalis angulata* L. em função de fatores ecofisiológicos, promotores químicos e maturidade fisiológica / Willen Santiago. - 2016.
88 f. : il.

Orientador: Salvador Barros Torres.
Coorientadora: Juliana Nobre Simões Gama.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2016.

1. ácido giberélico. 2. antese. 3. fotoperíodo. 4. germinação. 5. temperatura. I. Barros Torres, Salvador, orient. II. Nobre Simões Gama, Juliana, co-orient. III. Título.

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

WILLEN RAMOS SANTIAGO

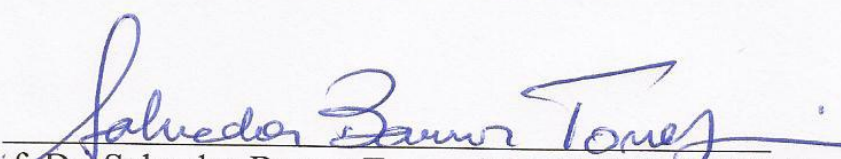
POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L. EM FUNÇÃO DE FATORES ECOFISIOLÓGICOS, PROMOTORES QUÍMICOS E MATURIDADE FISIOLÓGICA

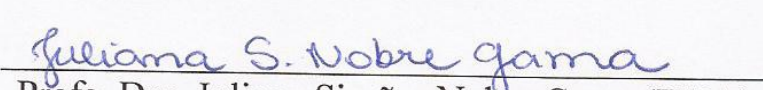
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia/Agricultura Tropical.

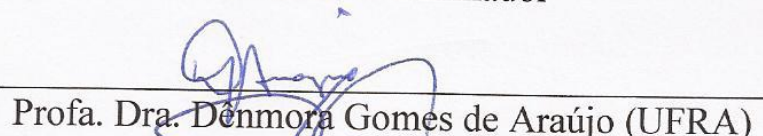
Linha de Pesquisa: Nutrição, Irrigação, Propagação de Plantas e Tecnologia de Sementes.

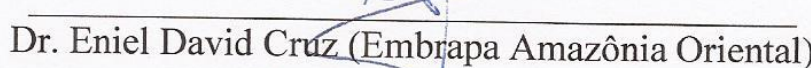
DEFENDIDA EM: 22/11/2016

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Salvador Barros Torres (EMPARN/UFERSA)
Presidente


Profa. Dra. Juliana Simões Nobre Gama (IFPA)
Membro Examinador


Profa. Dra. Denmora Gomes de Araújo (UFRA)
Membro Examinador


Dr. Eniel David Cruz (Embrapa Amazônia Oriental)
Membro Examinador


Dr^a Narjara Walessa Nogueira de Freitas (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus. Yeshua Ha Mashiach.

Ao Instituto Federal do Pará (IFPA), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela viabilização da turma de doutorado interinstitucional em fitotecnia (DINTER), inclusive apoio logístico e financeiro.

À equipe docente e administrativa do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela competência, comprometimento e excelência no desenvolvimento de suas funções.

Aos professores Dr. Salvador Barros Torres (EMPARN/UFERSA) e Dr^a. Juliana Simões Nobre Gama (IFPA), pela orientação, comprometimento, respeito e amizade.

À equipe administrativa do DINTER em Castanhal, Dr. Cícero Paulo Ferreira, Dr^a. Louise Ferreira Rosal, Maria Vanessa Santos e Suelen Lemes.

Aos bolsistas Mário Henrique Assunção, Gabriel Carneiro Martins, José Carlos Virgíneo e Lorena Enedina Xavier, pela energia investida nas intermináveis horas de trabalho.

À banca de qualificação, em especial Dr^a. Clarisse Pereira Benedito (UFERSA), Dr^a. Danielle Marie Macedo Sousa (UFERSA) e Dr^a. Narjara Walessa Nogueira de Freitas (UFERSA), pelas correções e dicas tão preciosas.

À banca de defesa de tese, em especial à Dr^a Dênmora Gomes de Araújo (UFRA), Dr^o Eniel David Cruz (Embrapa Amazônia Oriental) e Dr^a Narjara Walessa Nogueira de Freitas (UFERSA), pela disposição e contribuições valiosas.

Aos colegas de curso, pelos eternos momentos de aprendizado e descontração, em especial à prof^a Gilberta Carneiro Souto, por sua sempre disposição.

À minha família e amigos, pelo apoio e companheirismo.

A todos, muito obrigado.

RESUMO GERAL

SANTIAGO, Willen Ramos. **Potencial fisiológico de sementes de *Physalis angulata* L. em função de fatores ecofisiológicos, promotores químicos e maturidade fisiológica.** 2016. 88 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN, 2016.

A *Physalis angulata* L., apesar de ser uma espécie com potencialidades para o cultivo comercial, ainda é uma planta essencialmente silvestre, em início de domesticação, havendo carência de informações acerca de seus aspectos fisiológicos e ecofisiológicos, inclusive referentes à germinação de suas sementes. Objetivou-se avaliar o potencial fisiológico de sementes de *P. angulata* L. em função de fatores ecofisiológicos, promotores químicos e maturação fisiológica. Foram realizados três ensaios experimentais. No primeiro ensaio, testou-se valores de temperaturas (25, 30, 35 °C), fotoperíodos (0, 8, 12 e 16 horas) e tipos de luz (ausência de luz, luz branca, luz na frequência do vermelho e na frequência do vermelho-distante). No segundo ensaio, testou-se tipos e concentrações de promotores químicos: ácido giberélico - GA₃ (0,00; 0,02; 0,04; 0,06 e 0,08%), nitrato de potássio - KNO₃ (0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0%), e Stimulate[®] (0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50%). No terceiro ensaio, frutos e sementes de *P. angulata* L. foram avaliados em função da maturação fisiológica, de acordo com o número de dias após a antese - DAA (7, 14, 21, 28 e 35 dias). Em todos os ensaios foram realizados testes de germinação e vigor de sementes, em delineamento inteiramente casualizado. Em geral, quantificou-se a germinação, a primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, emergência de plântulas em areia e comprimento e massa seca de plântulas. No terceiro estudo quantificou-se também o diâmetro e massa de frutos, teor de água das sementes, massa seca de 100 sementes, peso de mil sementes e condutividade elétrica. As sementes de *P. angulata* L. expressaram o maior potencial fisiológico sob a temperatura de 35 °C e ausência de luz, sendo negativamente afetadas em função do tempo de exposição à luz durante a germinação. Os três promotores químicos foram efetivos em promover aumentos no vigor das sementes, sendo as concentrações de 0,06% de GA₃, 0,4 a 0,6% de KNO₃ e 1,0% de Stimulate as mais eficazes. Quanto à maturação, as sementes de *P. angulata* L. se tornaram fisiologicamente viáveis a partir de 21 DAA, ocorrendo maior potencial fisiológico aos 35 DAA. Todavia, visando evitar demasiada queda de frutos em função da senescência, recomenda-se realizar a colheita entorno dos 28 DAA.

Palavras-chave: ácido giberélico, antese, fotoperíodo, germinação, temperatura.

ABSTRACT

SANTIAGO, Willen Ramos. **Physiological potential of seeds of *Physalis angulata* L. due to ecophysiological factors, chemicals promoters and physiological maturity.** 2016. 88 p. Thesis (PhD in Agronomics Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN, 2016.

The *Physalis angulata* L. is a species with potential for commercial cultivation, but it is still essentially a wild plant, in early process of domestication and with lack of information about its physiological and ecophysiological aspects, including those related to the germination of the seeds. The overall objective of this study was to evaluate the physiological potential of seeds of *P. angulata* L. due to ecophysiological factors, chemical promoters and physiological maturity. For this, three experimental tests were performed. In the first assay, we tested temperatures (25, 30, 35 °C), photoperiods (0, 8, 12 and 16 hours) and types of light (absence of light, white light, red light and far-red light. In the second assay, types and concentrations of chemical promoters were tested: gibberellic acid - GA3 (0.00, 0.02, 0.04, 0.06 and 0.08%), saltpetre - KNO3 (0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 and 1.0%) and Stimulate® (0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50%). In the last sample, fruit and seeds of *P. angulata* L. were assessed for physiological maturation, according to the number of days after anthesis - DAA (7, 14, 21, 28 and 35 days). In all assays, germination and seed vigor tests were carried out in a completely randomized design. In general, the germination, the first germination count, germination speed index, seedling emergence in sand and length and seedling dry weight were quantified. In the second study, the diameter and mass of fruits, water content of the seeds, dry weight of 100 seeds, weight of thousand seed and electrical conductivity were also qualified. The *P. angulata* L. seeds expressed the highest physiological potential at a temperature of 35 °C and with no light, and they were adversely affected in function of the time of exposure to light during the germination. The three chemical promoters were effective in promoting increases in seed vigor and the concentrations of 0.06% of GA3, 0.4 to 0.6% of KNO3 and 1.0% of Stimulate® the most effective ones. In relation to the maturation, the seeds of *P. angulata* become physiologically viable from 21 DAA, with most physiological potential at 35 DAA. However, in order to avoid excessive fruit drop, due to senescence, it is recommended to perform the harvest after around 28 DAA.

Keywords: gibberellic acid, anthesis, photoperiod, germination, temperature.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	Página
Figura 1 Imagens da planta (A), flor (B), fruto com cálice (C), frutos em diferentes estágios de maturação (D) e sementes (E) de <i>Physalis angulata</i> L.	16
 CAPÍTULO II	
Figura 1 Germinação (A) e primeira contagem de germinação (B) de sementes de <i>Physalis angulata</i> L., em função da temperatura.	42
Figura 2 Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), comprimento de plântulas (D) e massa seca de plântulas (E) de <i>Physalis angulata</i> L., em função do fotoperíodo.	47
 CAPÍTULO III	
Figura 1 Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e emergência de plântulas (D) de <i>Physalis angulata</i> L., em função do tratamento pré-germinativo de sementes com ácido giberélico (GA ₃).	57
Figura 2 Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e emergência de plântulas (D) de <i>Physalis angulata</i> L., em função do tratamento pré-germinativo de sementes com nitrato de potássio (KNO ₃)	61
Figura 3 Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e emergência de plântulas (D) de <i>Physalis angulata</i> , em função do tratamento pré-germinativo de sementes com Stimulate®	63
 CAPÍTULO IV	
Figura 1 Massa fresca de frutos (A), diâmetro de frutos (B), massa de 100 sementes (C), peso de mil sementes (D) e teor de água das sementes (E) de camapu (<i>Physalis angulata</i> L.) em função dos dias após a antese.	76
Figura 2 Condutividade elétrica (A), germinação (B), primeira contagem de germinação (C), emergência de plântulas (D), comprimento de plântulas (E) e massa seca de plântulas (F) de camapu (<i>Physalis angulata</i> L.) em função dos dias após a antese.	80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

	Página
Tabela 1 Médias referentes à germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de camapu (<i>Physalis angulata</i> L.) em função da qualidade luminosa.	44

CAPÍTULO IV

Tabela 1 Atributos químicos e físicos do substrato utilizado para produção das mudas de camapu (<i>Physalis angulata</i> L.).	71
Tabela 2 Atributos químicos e físicos do solo (0-20 cm) utilizado para o plantio de mudas de camapu (<i>Physalis angulata</i> L.).	72
Tabela 3 Atributos químicos e físicos do fertilizante foliar utilizado nas plantas de camapu (<i>Physalis angulata</i> L.).	72

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: INFORMAÇÕES GERAIS.	Página
Introdução geral	11
Referencial teórico.....	13
Referências.....	31
 CAPÍTULO II: ECOFISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Physalis angulata</i> L.	
Resumo.....	37
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e métodos.....	40
Resultados e discussão.....	42
Conclusão.....	49
Referências.....	49
 CAPÍTULO III: TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS DE SEMENTES DE <i>Physalis angulata</i> L. COM PROMOTORES QUÍMICOS	
Resumo.....	52
Abstract.....	52
Introdução.....	53
Material e métodos.....	54
Resultados e discussão.....	57
Conclusão.....	65
Referências.....	65
 CAPÍTULO IV: MATURIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE <i>Physalis angulata</i> L.	
Resumo.....	69
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Material e métodos.....	71
Resultados e discussão.....	76
Conclusão.....	84
Referências.....	84
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, com sua extensa dimensão territorial, é um país privilegiado, abrangendo grande diversidade de solos, climas e biomas, que variam desde a floresta tropical úmida até o semiárido. Essa variedade de ambientes possibilita ao país explorar economicamente culturas agrícolas adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas. Além disso, o investimento do governo brasileiro em políticas e tecnologias contribui para que a nação seja uma das lideranças mundiais do agronegócio (MAPA, 2016).

Todavia, considerando-se a abundância de recursos genéticos vegetais disponíveis no Brasil, tanto nativos quanto exóticos, percebe-se que a agricultura brasileira ainda está aquém de sua real potencialidade. Dentre as muitas espécies que ocorrem no Brasil, com potencialidade econômica, porém ainda pouco explorada, está a *Physalis angulata* (Linneu) (Solanaceae), conhecida na região Norte do país como camapu.

Na Amazônia, a *P. angulata* L. ocorre espontaneamente em meio à vegetação nativa, sendo comumente utilizada pelas comunidades locais como planta medicinal. O sucesso econômico da introdução recente da espécie *Physalis peruviana* (Linneu) nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (Muniz *et al.*, 2014), por pequenos produtores rurais, tem despertado nestes a atenção quanto à possibilidade do cultivo comercial também da *P. angulata* L. Assim como, em função de suas propriedades nutritivas e medicinais, tem havido crescente interesse da indústria farmacêutica, quanto ao potencial uso da referida espécie para fins tecnológicos (FAPESP, 2012).

Contudo, diferentemente da *P. peruviana* L. que é uma espécie domesticada, a *P. angulata* L. é ainda essencialmente silvestre, em início de domesticação. Agricultores na Amazônia relatam que plantas de *P. angulata* L. crescem mais agressivamente em campos agrícolas após o uso do fogo, durante a limpeza da área, tendo o comportamento similar ao de espécies pioneiras (Comunicação pessoal). Entretanto, ainda precisa ser melhor investigado qual a influência dos fatores ambientais sobre os aspectos fisiológicos dessa espécie.

Tanto nas regras nacionais quanto internacionais para análise de sementes (Brasil, 2009; ISTA, 2016) não existem recomendações específicas para a *P. angulata* L. ainda que haja especificações para outras espécies do gênero *Physalis*. Estudos sobre a germinação de *P. angulata* L. comumente adotam recomendações para outras espécies da família Solanaceae. Assim como, não há consenso quanto à temperatura mais adequada para germinação da referida espécie, sendo comumente empregado valores entre 25 e 35 °C (Souza *et al.*, 2011; Lanna *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2014).

Autores indicam que espécies do gênero *Physalis* se desenvolvem melhor sob dias curtos (Heinze e Midash, 1991), ainda que as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) recomendem o tratamento com luz para superação da dormência em sementes de algumas espécies desse gênero. Conforme Taiz e Zeiger (2013), para sementes pequenas de plantas silvestres, quando em ambiente natural, a luz comumente é um requisito para ocorrência da germinação. Para sementes de *P. angulata* L. ainda não está devidamente esclarecida qual a influência da luz sobre a sua germinação, havendo evidências de que esta possa ocorrer tanto na presença quanto na ausência de luz (Sousa *et al.*, 2011; Yildirim *et al.*, 2011).

Entre as alternativas para o aumento da expressão do potencial fisiológico em sementes, representado por sua germinação e vigor, está o uso de promotores químicos, que são substâncias sintéticas com ação fisiológica estimulante (Bewley e Black, 1994; Brasil, 2009; Marcos-Filho, 2015). Para algumas espécies do gênero *Physalis*, recomenda-se o uso do

nitrito de potássio (KNO₃) (Brasil, 2009). Para a *P. angulata* L. não existem especificações quanto ao tratamento pré-germinativo com uso de promotores químicos. Assim como, independentemente da espécie, não há para o gênero *Physalis* estudos comparativos quanto à eficácia de tipos e concentrações de promotores químicos.

Além da influência dos fatores abióticos, o potencial fisiológico de uma semente também está associado ao seu estágio de maturação (Carvalho e Nakagawa, 2012). A *P. angulata* L. é uma espécie de ciclo anual, comumente inferior a três meses, de hábito de crescimento indeterminado, cuja frutificação se inicia poucas semanas após o plantio (Silva e Agra, 2005; Soares *et al.*, 2009). Porém, não se sabe a partir de qual momento suas sementes se tornam fisiologicamente viáveis. Conforme Carvalho *et al.* (2014), há evidências de que o potencial fisiológico das sementes de *P. angulata* L. tende a diminuir com o transcorrer da maturação dos frutos.

Considerando-se a potencialidade socioeconômica da *P. angulata* L. para a região Norte do Brasil, se delineou esta pesquisa, objetivando-se avaliar o potencial fisiológico de sementes dessa espécie em função de fatores ecofisiológicos, promotores químicos e maturação fisiológica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O gênero *Physalis*

O gênero *Physalis* pertence à família Solanaceae, da qual também fazem parte algumas espécies cultivadas como o tomate (*Solanum lycopersicum* Linneu), berinjela (*Solanum melagona* Linneu), pimentão (*Capsicum annuum* Linneu) e tabaco (*Nicotina tabacum* Linneu). Na subfamília Solanoideae, o referido gênero é o terceiro mais abrangente, com pelo menos 90 espécies catalogadas (Martinez, 1998; GRIN, 2006).

O gênero *Physalis* ocorre em uma ampla diversidade de habitats, ao longo do globo terrestre, especialmente em regiões tropicais, no hemisfério sul (CABI, 2013). Conforme Martinez (1998), com exceção da espécie *Physalis alkekenji* (Linneu) que tem origem euroasiática, todas as demais espécies daquele gênero são originárias do continente americano, principalmente Américas Central e do Sul. Segundo esse autor, o México é o centro de diversidade do gênero *Physalis*, pois nesse país ocorrem mais de 70 espécies, sendo a maioria endêmica. Na América do Sul ocorrem pelo menos 12 espécies.

O cálice frutífero acrescente é uma das principais características morfológicas que permite a identificação das espécies do gênero *Physalis* (Vidal e Vidal, 2003). As plantas deste gênero, em sua maioria, possuem porte ereto, herbáceo ou arbustivo, com altura variável, podendo atingir 2 m. Existem espécies tanto de ciclo anual quanto de ciclo perene, sendo que na América do Sul predominam as espécies de ciclo anual (Martinez, 1998).

Algumas espécies do gênero *Physalis* são dotadas de importância socioeconômica, como a *P. peruviana* L., *P. alkekeng*, L., *P. ixocarpa* L. e *P. angulata* L., que têm sido utilizadas como hortaliças-fruto, planta medicinal e ornamental. No caso da *P. peruviana* L., esta também vem sendo utilizada no processamento agroindustrial, na fabricação de sucos, licores, geleias e outros produtos (Santos *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2011; Xavier *et al.*, 2011; Muniz *et al.*, 2014; Barroso, 2015; Bosch *et al.*, 2016). Por isso, atualmente a principal espécie cultivada no mundo é a *P. peruviana*, que é proveniente da região andina, sendo a Colômbia o maior produtor mundial, cuja produção destina-se predominantemente à exportação para países da União Europeia (FAO, 2006).

2.2. A espécie *Physalis angulata*

Physalis angulata (Linneu 1753) é o nome científico da espécie popularmente conhecida na região amazônica como “camapu”. A palavra camapu é originária do tupi-

guarani e significa “fruto que estoura”. Ocasionalmente, essa espécie também é citada na literatura científica pelas sinonímias *P. capsicifolia* L., *P. esquirolii* L., *P. mínima* L., *P. indica* L., *P. parviflora* L., *P. lanceifolia* L. e outras (Silva e Agra, 2005; GRIN, 2006). Atualmente estas nomenclaturas não estão mais em vigor. Não existem registros de variedades melhoradas de *P. angulata*, sendo esta espécie essencialmente silvestre, em início de domesticação.

2.2.1. Características botânicas

Conforme descrição por Silva e Agra (2005) e Soares *et al.* (2009), plantas de *P. angulata* L. (Figura 1A) são de ciclo anual, comumente inferior a três meses, com porte ereto, herbáceo e altura variável, normalmente até 70 cm. O caule é anguloso, do qual provém o nome da espécie, podendo ser glabro ou com tricomas esparsos e simples. As folhas podem ser glabras ou glabrescentes com tricomas simples. A lâmina foliar varia de ovalada-lanceolada a oblonga. As margens foliares podem ser inteiras, levemente lobadas ou denteadas.

As flores (Figura 1B) possuem pedicelo cilíndrico, sépalas lanceoladas soldadas até a porção mediana (Silva e Agra, 2005). A corola possui coloração variando de amarelo a amarelo-esverdeado. Os estames possuem filetes com até 0,5 cm de comprimento, com anteras azuis. Os frutos (Figura 1 C e D) são do tipo baga, arredondados, pequenos, com diâmetro normalmente inferior a 2,0 cm e coloração variando entre amarelo e amarelo esverdeado, quando maduros (Silva e Agra, 2005; Soares *et al.*, 2009).

Assim como nas demais espécies do gênero *Physalis*, a principal característica botânica de *P. angulata* L. consiste no cálice frutífero acrescente e inflado envolvendo completamente o fruto (Silva e Agra, 2005; Soares *et al.*, 2009). A coloração do cálice frutífero varia de verde à marrom, passando por amarelo esverdeado e amarelo (Figura 1D), conforme o estágio de

maturação do fruto (Carvalho *et al.*, 2014). As sementes (Figura 1E) são pequenas ($< 2\text{mm}$), numerosas e discoides.

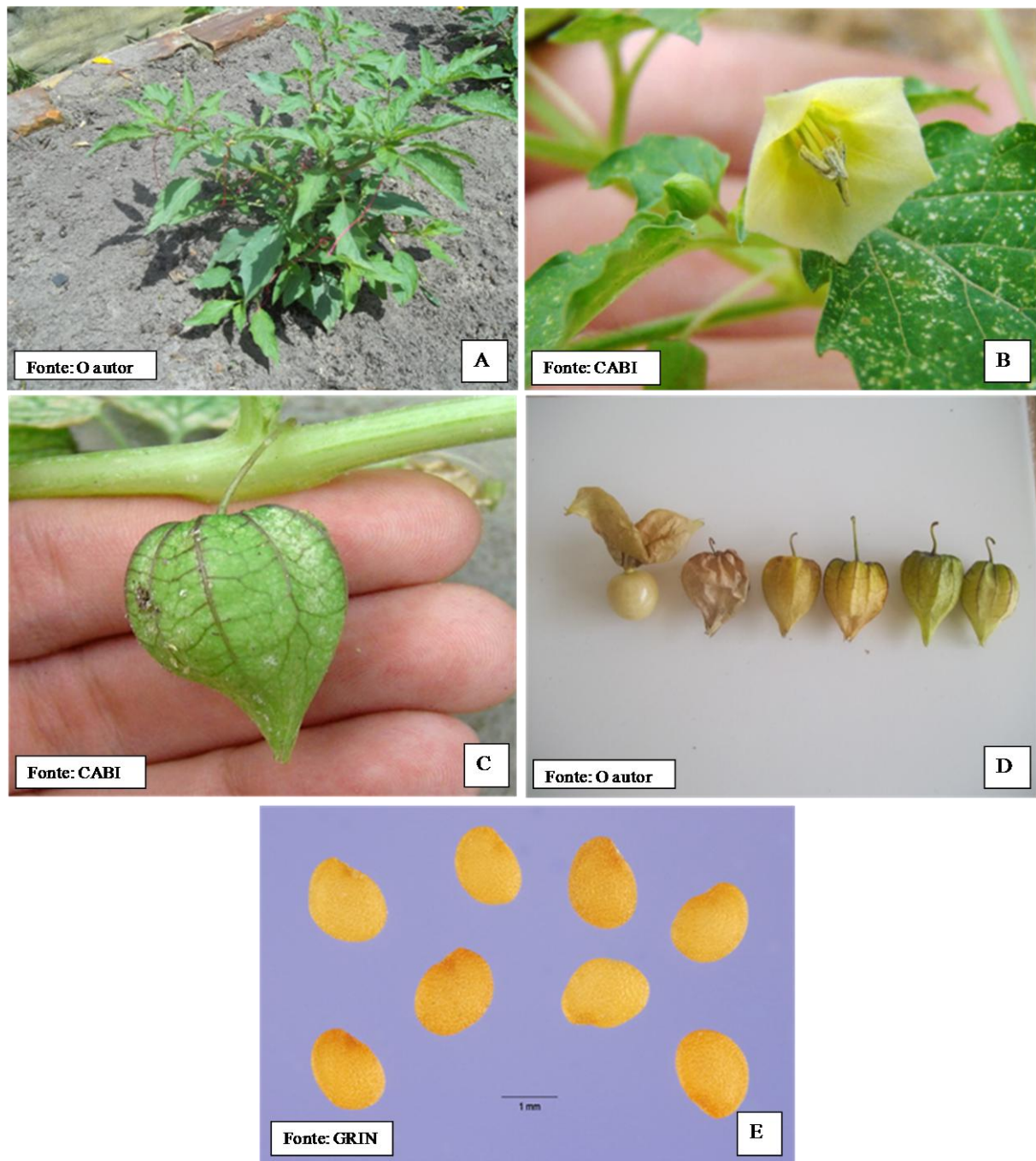


Figura 1. Imagens da planta (A), flor (B), fruto com cálice (C), frutos em diferentes estágios de maturação (D) e sementes (E) de *Physalis angulata* L.

2.2.2. Ocorrência

A *P. angulata* L. é a espécie do gênero *Physalis* com maior distribuição geográfica, ocorrendo em quase todos os continentes, especialmente nas Américas Central e do Sul, e África (Soares *et al.*, 2009; CABI, 2013). No Brasil, pode ser encontrada em quase todo o território nacional, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (Krinski, 2013). Normalmente ocorre em meio à vegetação espontânea, campos agrícolas e quintais de residência (Silva e Agra, 2005).

Em função de sua rusticidade e facilidade de adaptação a diferentes ecossistemas, a *P. angulata* L. é uma espécie invasora, que se desenvolve agressivamente após a limpeza e preparo da área para cultivo (Miléo *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2009). Muitos agricultores na Amazônia associam o crescimento da *P. angulata* ao uso do fogo, nas “roças de corte-e-queima”, embora não haja estudos científicos que confirmem a exata relação entre a germinação dessa espécie e as queimadas.

2.2.3. Importância social e econômica

Existem registros do uso de *P. angulata* L. como planta medicinal no tratamento de muitas doenças e enfermidades como malária, asma, hepatite, dermatites, tuberculose, febre, reumatismo, dores no ouvido e inflamações na bexiga, fígado e baço (CABI, 2013). Estudos científicos têm constatado a ação antimicrobiana, moluscida, antiprotozoária e citotóxica, em extratos de *P. angulata* L., além de uso potencial no tratamento de doenças como diabetes, malária, asma, hepatite, dermatites, reumatismo, leishmaniose, tuberculose e outras (Kastelein e Camargo, 1990; Lee *et al.*, 1991; Chiang *et al.*, 1992; Lin *et al.*, 1992; Cáceres *et al.*, 1995; Freiburghaus *et al.*, 1996; Pietro *et al.*, 2000; Ismail e Alam, 2001; Januario *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2009; Guimarães *et al.*, 2010; Hassan e Ghoneim, 2013).

A ação farmacológica da *P. angulata* L. em parte se deve à produção de compostos vitaesteroides, genericamente conhecidos como fisalinas (Tomassini *et al.*, 2000). A espécie *P. angulata* L. tem sido amplamente investigada quanto ao seu potencial tecnológico para indústria farmacêutica (FAPESP, 2012). No Brasil, já existem produtos cosméticos produzidos a partir de *P. angulata* L. (Ecophysalis[®], Physavie[®]).

Quanto à qualidade nutricional, Oliveira *et al.* (2011) ao avaliarem frutos maduros de *P. angulata* L. constataram para a maioria dos atributos nutricionais e bioquímicos (pH, sólidos solúveis totais, teores de açúcares, proteínas, vitamina C, carotenóides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante), valores compatíveis com outros frutos tropicais já comuns no mercado brasileiro, como goiaba (*Psidium guajava* Linneu), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), e abacaxi (*Ananas comosus* Linneu). Os referidos autores ressaltam que os teores significativos de vitamina C e mediana atividade antioxidante de *P. angulata* L. constituem bom atrativo para o aproveitamento tecnológico de seus frutos, ainda pouco comercializados na maior parte do Brasil.

Quanto ao cultivo comercial, diferentemente da espécie *P. peruviana* L. cuja produção e mercado estão consolidados em nível internacional, e em ascensão em território nacional (Muniz *et al.*, 2014), a *P. angulata* L. ainda é pouco explorada economicamente. Mesmo na medicina popular, normalmente as plantas de *P. angulata* L. utilizadas são provenientes de vegetação espontânea. Recomendações técnicas específicas para cultivo de *P. angulata* L. são quase inexistentes. No Brasil, comumente, as práticas agrícolas adotadas para o plantio de *Physalis* sp., mesmo a *P. peruviana* L. se baseiam em recomendações para outras espécies da família Solanaceae, como tomateiro (Lima *et al.*, 2010; Thomé e Osaki, 2010; Muniz *et al.*, 2011, Muniz *et al.*, 2014).

Como planta invasora não existem relatos na literatura quanto aos prejuízos ocasionados especificamente por *P. angulata* L. Todavia, por ser uma solanácea, a *P. angulata* L. é

hospedeira potencial de algumas pragas e patógenos da família Solanaceae, como bactérias (*Xanthomonas campestris*), fungos (*Colletotrichum guaranicola*) nematoides (*Meloidogyne* sp.), percevejos (*Edessa meditabunda*) e algumas viroses (Rodrigues *et al.*, 2003; Miléo *et al.*, 2007; CABI, 2013; Krinski, 2013). Devendo-se por isso evitar o plantio de *P. angulata* L. próximo a cultivos de espécies dessa família botânica.

2. 3. Desenvolvimento e maturação de sementes

Conforme Raven *et al.* (2013), a maior parte das espécies vegetais existentes na atualidade, em ambiente terrestre, se multiplica por via sexuada, com produção de sementes, em especial as angiospermas. Cardoso (2012) considera que, após a fecundação do óvulo, o desenvolvimento da semente ocorre em três etapas, ou seja, a embriogênese ou histodiferenciação, a maturação e dessecação. Esse autor ainda considera como maturação, fundamentalmente, a fase de acúmulo de matéria seca pela semente.

Contudo, Carvalho e Nakagawa (2012), bem como Marcos-Filho (2015), consideram como maturação fisiológica todo o conjunto de alterações que ocorrem após a fecundação do óvulo, culminando na formação da semente, fisiologicamente independente da planta-mãe. Segundo esses autores, no estudo da maturação de sementes, normalmente são consideradas algumas características de natureza física e fisiológica, como teor de água, conteúdo de matéria seca e potencial fisiológico.

Segundo Raven *et al.* (2013), o desenvolvimento da semente é controlado geneticamente, abrangendo transformações tanto fisiológicas quanto morfológicas e bioquímicas. Cardoso (2012) explica que durante a maturação da semente ocorre significativo aumento em seu tamanho, em função da divisão, expansão e diferenciação das células do eixo embrionário, sendo regulado pela expressão de genes e ação de enzimas e fitormônios, especialmente giberelinas, citocininas e ácido abscísico. O tamanho máximo da semente

comumente é alcançado no período intermediário do acúmulo de matéria seca, havendo posteriormente redução no tamanho, de acordo com a espécie e a desidratação (Marcos-Filho, 2015).

Conforme Marcos-Filho (2015), no início da formação da semente, quando a divisão e expansão celular é elevada, ocorre lento acúmulo de matéria seca, sendo esta proveniente dos produtos da fotossíntese metabolizados pela planta-mãe e da digestão da nucela. Posteriormente, o acúmulo de matéria seca é intensificado atingindo um valor máximo. Ainda segundo esse autor, condições ambientais desfavoráveis, como temperatura, umidade do ar e fitossanidade, podem intensificar a respiração e conseqüentemente diminuir a matéria seca da semente.

Todos os processos metabólicos no interior da semente em desenvolvimento são dependentes de água, sendo esta suprida pela planta-mãe. O conteúdo de água no óvulo recém fecundado é elevado (acima de 80%), havendo progressiva desidratação (Marcos-Filho, 2015). Cardoso (2012) explica que a dessecação é um mecanismo importante para o embrião, induzindo neste a tolerância à baixa disponibilidade de água no período pós-dispersão.

Para Bewley e Black (1994), é provável que durante a desidratação ocorram processos fisiológicos essenciais à germinação, uma vez que sementes recém-colhidas comumente expressam menor germinação antes da secagem. Inicialmente, a desidratação ocorre lentamente, enquanto ocorre simultaneamente o acúmulo de reservas. Por outro lado, de acordo com Marcos-Filho (2015), a partir do momento em que a semente atinge a maturidade fisiológica, o fluxo de água proveniente da planta-mãe também é cessado, havendo rápida desidratação, até ocorrer o equilíbrio com a umidade relativa do ar.

A viabilidade fisiológica das sementes quanto à germinação cresce à medida que a maturação transcorre. O momento em que a semente expressa seu máximo potencial fisiológico (máxima germinação e vigor) é chamado de ponto de maturidade fisiológica

(Marcos-Filho, 2015), este comumente coincide com o máximo acúmulo de matéria seca. Todavia, conforme Carvalho e Nakagawa (2012), mesmo após a semente ter alcançado o máximo acúmulo de matéria seca podem ocorrer transformações bioquímicas favoráveis à sua germinação e vigor. Portanto, o ponto de maturidade fisiológica pode ocorrer em momento posterior ao ponto de máximo acúmulo de matéria seca.

Presumivelmente, a colheita das sementes dever ser realizada somente após as mesmas terem alcançado o ponto de maturidade fisiológica. Carvalho e Nakagawa (2012) descrevem que o atraso na colheita pode causar injúrias, que afetam negativamente a qualidade fisiológica da semente. Assim como, oscilações de períodos secos e úmidos, associados a temperaturas elevadas, causam contrações e expansões no tegumento, podendo causar fissuras, deixando as sementes desprotegidas. A secagem excessiva também torna as sementes mais susceptíveis a danos mecânicos durante a colheita e beneficiamento.

Por outro lado, Marcos-Filho (2015) relata que a matéria verde das plantas e a umidade das sementes, no momento em que estas alcançam a maturidade fisiológica, podem ser limitantes à colheita mecanizada, bem como, podem favorecer a ocorrência de injúrias mecânicas por amassamento ou deterioração rápida em sementes ortodoxas. Ainda segundo esse autor, para solucionar os referidos problemas, podem ser adotadas técnicas que conciliam o ponto de maturidade fisiológica com o ponto de colheita, como o uso de secadores artificiais, dessecatadores e desfolhantes.

2. 4. Germinação

Em sementes ortodoxas, próximo do final da maturação fisiológica, é comum ocorrer significativa redução no metabolismo e consequente paralização do crescimento embrionário, induzindo a semente a permanecer em estado de repouso fisiológico (Bewley, 1997). A

referida fase de repouso é denominada criptobiose, cuja duração é variável de acordo com a espécie e condições ambientais (Marcos-Filho, 2015).

Durante a criptobiose ocorre baixo consumo de água, redução da atividade enzimática e pouca síntese de proteínas, consequentemente restringindo a expressão gênica. A retomada da atividade metabólica pela semente e consequente crescimento do embrião dependerá das condições ambientais. Quando estas forem favoráveis e não existindo mecanismos inibidores intrínsecos, o embrião reiniciará seu crescimento, em um processo chamado de germinação (Bewley e Black, 1994; Cardoso, 2012).

Muitas são as definições de germinação. Para Marcos-Filho (2015) a germinação é uma sequência ordenada de eventos metabólicos que resulta no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula. Enquanto que para Carvalho e Nakagawa (2012), é o fenômeno no qual o eixo embrionário sob condições apropriadas dá prosseguimento ao seu desenvolvimento, que tinha sido interrompido, nas sementes ortodoxas, por ocasião da maturidade fisiológica. Por outro lado, Bewley e Black (1994), definem a germinação simplesmente como o conjunto de eventos que se inicia com a absorção de água pela semente quiescente e termina com o alongamento do eixo embrionário.

A germinação pode ser estratificada em três etapas principais: embebição (absorção de água), processo bioquímico preparatório (ativação da respiração e demais processos bioquímicos) e crescimento (protrusão da raiz primária) (Bewley e Black, 1994; Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006). Alguns autores defendem a ideia de que somente as fases que antecedem o crescimento do eixo embrionário devem caracterizar a germinação, pois o crescimento é apenas consequência do reestabelecimento do metabolismo do embrião (Carvalho e Nakagawa, 2012).

De forma simplificada, a semente em repouso fisiológico (quiescente), ao entrar em contato com o substrato úmido inicia rápida absorção de água por difusão, ocasionando

aumento na atividade respiratória, liberando energia para os demais processos fisiológicos/metabólicos, como expressão de genes, síntese de hormônios e enzimas. Por meio destas, ocorre então a degradação dos materiais de reserva, como carboidratos, proteínas e lipídeos, os quais são convertidos em moléculas menores e difusíveis, como sacarose e aminoácidos, que serão transportadas ativamente até pontos de crescimento do embrião. Ao chegarem ao embrião, as substâncias desdobradas são reorganizadas em substâncias complexas, formando protoplasma e paredes celulares, ocasionando o crescimento do embrião e protrusão da raiz primária (Bewley e Black, 1994; Floss, 2008; Cardoso, 2012; Carvalho e Nakagawa, 2012; Raven *et al.*, 2013; Marcos-Filho, 2015).

2. 5. Ação da temperatura e luz sobre a germinação

Os mecanismos fisiológicos que ocorrem durante o processo de germinação são influenciados tanto por fatores intrínsecos da própria semente (genótipo, viabilidade, longevidade, maturidade, dormência e sanidade) como por fatores abióticos (Marcos-Filho, 2015). Entre os principais fatores abióticos associados ao controle da germinação estão o potencial hídrico do solo, salinidade do solo, temperatura, oxigênio e condição luminosa (Bewley e Black, 1994).

Todavia, Carvalho e Nakagawa (2012), bem como Marcos-Filho (2015), explicam que a água, temperatura e oxigênio são fatores essenciais, não havendo germinação em caso de ausência ou limitação. Embora a luz não seja um fator imprescindível para a germinação, a mesma contribui para superação de dormência em algumas espécies, ou mesmo atenuar problemas causados pelo baixo potencial de água no solo e efeito de temperaturas superiores à ótima (Taiz e Zeiger, 2013; Marcos-Filho, 2015).

2. 5.1. Temperatura

Os processos metabólicos e as reações bioquímicas que ocorrem durante a germinação são dependentes de sistemas enzimáticos que requerem adequadas faixas de temperatura (Bewley e Black, 1994). A velocidade de imbibição também varia em função da temperatura. Esta pode afetar tanto o número total de sementes germinadas como a velocidade e uniformidade de germinação (Carvalho e Nakagawa, 2012).

O requisito da semente quanto à temperatura pode variar grandemente, de acordo com a espécie, mas também pode ser influenciada pelas condições ambientais, tanto durante a produção no campo quanto após a colheita. A temperatura ótima para grande parte das espécies ocorre no intervalo entre 20 e 30 °C, enquanto que as temperaturas máximas, normalmente, situam-se entre 35 e 40 °C, e as mínimas inferiores a 15 °C (Bewley e Black, 1994; Floss, 2008; Brasil, 2009).

Conforme Cardoso (2012), a temperatura ótima é aquela que resulta no maior número de sementes germinadas em menor tempo, ou seja, a que produz maior germinação e velocidade de germinação. De acordo com Floss (2008), os extremos máximo e mínimo de temperatura tolerados pelas sementes, incluindo a temperatura ótima, são chamados de temperaturas cardiais.

Quanto mais vigorosa é a semente, maior tende a ser a temperatura ótima. Raven *et al.* (2013) afirmam que as temperaturas mínima e máxima podem até mesmo alcançar 0 °C e 48 °C, respectivamente. Cardoso (2012) explica que a sensibilidade à amplitude térmica é um fator ecológico que possibilita a percepção do microambiente pela semente, como a profundidade de sementeio.

Comumente a velocidade de germinação é mais sensível às variações de temperatura do que a germinação. Todavia, sob as temperaturas elevadas, acima da máxima, a germinação é inibida. A termoinibição é temporária, podendo ser revertida expondo a semente a valores

adequados de temperatura. Sementes dormentes ou com baixo potencial fisiológico são mais susceptíveis a termoinibição. Temperaturas elevadas durante a maturação da semente também favorecem a dormência, em função da anaerobiose parcial (Bewley e Black, 1994; Carvalho e Nakagawa, 2012; Marcos-Filho, 2015).

Quanto à embebição da semente, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), até certo limite, quanto maior a temperatura, maior tende a ser a difusão de água para o interior da semente. Por outro lado, conforme Marcos-Filho (2015), a embebição sob baixas temperaturas (próximas à mínima) pode provocar redução no crescimento das plântulas, mesmo quando a temperatura retornar a níveis favoráveis. O efeito das baixas temperaturas sobre o potencial fisiológico da semente é proporcional ao período de exposição. As injúrias por resfriamento provavelmente estão relacionadas aos danos causados às membranas celulares do eixo embrionário.

Algumas espécies germinam melhor sob temperaturas alternadas, principalmente espécies silvestres ou aquelas que possuem problemas de dormência (Brasil, 2009; Cardoso, 2012). Marcos-Filho (2015) explica que embora não haja uma explicação conclusiva sobre os efeitos da temperatura alternada, supõe-se que a oscilação térmica provoca alterações na concentração de promotores e inibidores da germinação no interior da semente. Segundo esse autor, hipoteticamente, temperaturas baixas causam redução na concentração de inibidores, enquanto temperaturas altas elevam a concentração de promotores de germinação. Por outro lado, para Cardoso (2012), flutuações térmicas podem ativar ou reprimir genes específicos, modificando as características morfogénicas da semente.

2. 5. 2. Luz

A influência da luz sobre as sementes pode ocorrer já na fase de maturação. Segundo Cardoso (2012), em sementes cuja maturação ocorre sob os dias curtos, a germinação tende a

ocorrer mais rapidamente, em relação aos dias longos. Ainda segundo esse autor, mesmo após a colheita a luz pode influenciar a germinação. Em frutos armazenados sob fotoperíodo de oito horas, comumente suas sementes germinam melhor do que sob fotoperíodo maior. Marcos-Filho (2015) explica que a sensibilidade das sementes à luminosidade está associada a um pigmento denominado fitocromo, presente no citoplasma das células do eixo embrionário.

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), o fitocromo é uma proteína solúvel, fotorreceptora que absorve luz, principalmente na região do vermelho e vermelho-distante. Conforme esses autores, existem fitocromos com propriedades distintas, expressados por um conjunto de genes chamados de PHYA, PHYB, PHYC, PHYD e PHYE. O fitocromo A está associado às respostas fisiológicas à luz vermelha e vermelho-distante contínua. Enquanto, o fitocromo B medeia as respostas à luz vermelha contínua ou à luz branca. Os fitocromos C, D e E possuem funções bem específicas e parcialmente redundantes com o dos fitocromos A e B. Estes são os principais fitocromos associados à germinação.

Diferentes autores explicam que o fitocromo pode ocorrer sob as formas inativa (Pr) ou ativa (Pfr), sendo esta fisiologicamente estimulante sobre o processo germinativo. A elevada razão entre a radiação luminosa na faixa do vermelho e vermelho distante (R/FR) causa a conversão de Pr em Pfr. O aumento na concentração de Pfr estimula a síntese de hormônios e enzimas e o reinício de expressão de genes associados à germinação, influenciando a atividade respiratória, a permeabilidade dos tegumentos ao oxigênio e o metabolismo de lipídeos. Por outro lado, a baixa razão R/FR ou a escuridão completa causam a conversão de Pfr em Pr. (Cardoso, 2012; Raven *et al.*, 2013; Taiz e Zeiger, 2013; Marcos Filho, 2015).

A exposição do fitocromo a períodos alternados de radiação na frequência do vermelho e vermelho-distante, causa oscilações nas formas Pfr e Pr nas células vegetais (fotorreversibilidade), sendo que a forma final do fitocromo será determinada pela última radiação a qual a semente será exposta (Taiz e Zeiger, 2012). Em sementes com abundante

reserva nutricional, normalmente a luz é dispensável ao processo de germinação. Todavia, em sementes pequenas com pouca reserva nutricional, especialmente de espécies silvestres e/ou arbóreas pioneiras, a luz pode ser efetiva como promotora de superação de dormência fisiológica (fotodormência) (Majerowics e Peres, 2012; Taiz e Zeiger, 2012).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a dormência fisiológica, dentre outros fatores, pode ser causada pela concentração de substâncias inibidoras da germinação, como a cumarina e o ácido abscísico, no interior da semente. Esses autores supõem que a ativação do fitocromo pela luz desencadeia a produção ou ativação de fitormônios do grupo das citocininas. Estas, atuando antagonicamente aos inibidores da germinação, possibilitam que as giberelinas desempenhem funções fisiológicas associadas à germinação.

Sementes de espécies domesticadas normalmente são indiferentes quanto à presença ou ausência de luz branca para germinação. Existem ainda espécies cuja germinação é negativamente afetada sob ação da luz. Conforme Cardoso (2012), de acordo com a resposta ao estímulo luminoso, as sementes podem ser classificadas em fotoblásticas positivas (quando a germinação é favorecida pela presença de luz), fotoblásticas negativas (quando a germinação é favorecida pela ausência de luz) e afotoblásticas ou neutras (quando a semente é indiferente à ausência ou presença de luz).

Segundo Marcos-Filho (2015), presumivelmente, sementes fotoblásticas negativas requerem baixa concentração de Prf para germinar (longo período de escuridão ou rápida exposição à radiação luminosa na frequência do vermelho-distante), ou ainda, têm uma concentração não limitante de Prf. Por outro lado, as fotoblásticas positivas requerem uma concentração mínima de Prf para desencadear os processos germinativos. Enquanto que em sementes não fotoblásticas os requisitos fisiológicos para a germinação, como hormônios e enzimas, estão em níveis adequados, podendo germinar mesmo sob concentrações muito baixas de Prf.

Além da qualidade luminosa, Majerowics e Peres (2012) explicam que respostas ao fitocromo também dependem da quantidade de luz. Os fitocromos podem agir de três modos, de acordo com a qualidade, intensidade e duração da luz requerida: resposta de baixa fluência (RBF), resposta de fluência muito baixa (RFMB) e resposta de alta irradiância (RAI).

Conforme Cardoso (2012), na RBF (exposição curta) a germinação é estimulada ou inibida dependendo do comprimento de onda, numa densidade mínima de fótons em torno de $1\mu\text{mol m}^{-2}$, havendo saturação em fluência ao redor de $100\ 1\mu\text{mol m}^{-2}$. Na RFMB (exposição curtíssima), a saturação ocorre em fluências da ordem de $0,1\ \mu\text{mol m}^{-2}$. Na RAI (exposição longa), a resposta é dependente da composição espectral e principalmente da irradiância, necessitando de exposições prolongadas e altas intensidades luminosas.

A sensibilidade da semente à luminosidade não é apenas um caráter intrínseco da espécie, herdado geneticamente, mas depende de uma série de fatores, como a constituição genética dos progenitores, condições ambientais de crescimento da planta-mãe e maturação das sementes, tratamento pós-colheita e idade da semente (Cardoso, 2012; Carvalho e Nakagawa, 2012). Marcos-Filho (2015) explica que o efeito benéfico da luz sobre a germinação pode ser substituído por técnicas de superação da dormência, como remoção ou escarificação dos tegumentos, exposição das sementes a baixas temperaturas, armazenamento em locais secos ou tratamento das sementes com promotores químicos como ácido giberélico ou nitrato de potássio.

2. 6. Tratamentos pré-germinativos com promotores químicos

Promotores químicos são substâncias de aplicação exógena com ação fisiológica estimulante sobre o desenvolvimento das plantas. Em tecnologia de sementes, os promotores químicos podem ser utilizados tanto para promover a superação da dormência fisiológica quanto para estimular maior expressão do vigor das sementes e plântulas. Os fitorreguladores

e o nitrato de potássio (KNO_3) estão entre os promotores químicos mais comumente usados no tratamento pré-germinativo de sementes (Bewley e Black, 1994; Floss, 2008; Brasil, 2009).

Segundo Vieira e Castro (2002), os fitorreguladores são substâncias sintéticas com funções similares a dos hormônios vegetais, também chamados fitormônios. Estes são sinalizadores bioquímicos produzidos pela planta, capazes de promover, inibir ou alterar processos fisiológicos ou morfológicos, no próprio local onde são produzidos ou em outras partes da planta, bem como, estão associados às respostas fisiológicas das plantas aos estímulos ambientais (Floss, 2008; Raven *et al.*, 2013). Um dos principais fitorreguladores utilizados na agricultura é o ácido giberélico (GA_3), que possui ação fisiológica similar aos fitormônios do grupo das giberelinas (Guerra e Rodrigues, 2012; Raven *et al.*, 2013).

Diferentes autores concordam que as giberelinas contribuem para a divisão e expansão celular, por meio da ativação de genes que expressam a produção de enzimas que diminuem a rigidez das paredes celulares. A menor rigidez da parede celular favorece o fluxo osmótico para o interior das células, facilitando a embebição da semente. Assim como, as giberelinas estão associadas à ativação de enzimas hidrolíticas, que degradam as reservas nutricionais, havendo liberação de energia e nutrientes para o crescimento do embrião. (Cardoso, 2012; Guerra e Rodrigues, 2012; Raven *et al.*, 2013; Taiz e Zeiger, 2013).

O tratamento de sementes com GA_3 pode ser efetivo não somente para o aumento do percentual de germinação, mas também para o vigor da semente, diminuindo o número de sementes mortas e promovendo incrementos na velocidade de germinação, comprimento e massa seca das plântulas (Lopes *et al.*, 2009; Somaggio *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2013). A ação das giberelinas sintéticas quanto à germinação depende de alguns fatores como a espécie e o estágio de maturação da semente (Lopes *et al.*, 2009), o tempo de imersão da semente na solução com GA_3 (Lima *et al.*, 2009), a concentração de GA_3 na solução (Scalon *et al.*, 2006;

Lopes *et al.*, 2009) e a interação com fatores ambientais e outros fitorregulares (Carneiro *et al.*, 2001; Flores *et al.*, 2002; Nascimento e Mosquim, 2004; Koserá Neto *et al.*, 2015).

A dormência fisiológica causada pela restrição de oxigênio pode ser superada por meio do tratamento das sementes com promotores químicos que contenham substâncias receptoras de elétrons, como o nitrato (NO_3^-) e o nitrito (NO_2^-) (Bewley e Black, 1994; Carvalho e Nakagawa, 2012). Nesse contexto, um dos promotores químicos mais utilizados é o nitrato de potássio (KNO_3) (Brasil, 2009; Carvalho e Nakagawa, 2012). Conforme Carvalho e Nakagawa (2012), a existência de substância retentoras de oxigênio, tanto no tegumento quanto no próprio eixo-embrionário, estão entre as causas da limitação desse elemento para a germinação.

Segundo a teoria proposta por Roberts (1974), nos estágios iniciais da germinação, a energia necessária para as reações metabólicas é liberada a partir de uma rota de transporte de elétrons chamada via pentose-fosfato. Somente após o início do crescimento do embrião, a via pentose-fosfato é substituída pela respiração “convencional”, constituída pela glicólise, ciclo de Krebs e cadeia citocrômica de transporte de elétrons.

Conforme Carvalho e Nakagawa (2012), o NO_2^- , que é formado a partir da redução do NO_3^- , é um composto fundamental para a via pentose-fosfato, uma vez que está associado à reoxidação do NADPH a NADP^+ . Ainda segundos esses autores, por ser uma rota anaeróbica, a via pentose-fosfato inicia as reações metabólicas que culminam na oxidase citocrômica, no ciclo de Krebs e no fornecimento de energia para o crescimento do embrião.

Supostamente, em solução aquosa o íon nitrato se dissocia do KNO_3 , e no interior da célula do embrião sofre redução por meio da enzima nitrato redutase, produzindo nitrito, contribuindo para a ativação da via pentose-fosfato (Carvalho e Nakagawa, 2012). Similarmente à GA_3 , a ação fisiológica do KNO_3 sobre a dormência da semente pode ser influenciada por fatores abióticos, principalmente luz e temperatura, além do tempo de

armazenamento da semente (Roberts, 1974; Martins e Silva, 2001; Carvalho e Nakagawa, 2012). A resposta fisiológica da semente ao KNO₃ pode variar também em função da espécie, inclusive dentro de um mesmo gênero botânico ou mesmo entre cultivares de uma mesma espécie (Martins e Silva, 2001; Faron *et al.*, 2004; Binotti *et al.*, 2014).

3. REFERÊNCIAS

BARROSO, N. S. **Maturação de frutos e viabilidade de sementes de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.** 2015. 39p. (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. **Plant Cell**, v. 9, p. 1055-1066, 1997.

BEWLEY, J. D. Seed Germination and Reserve Mobilization. **Encyclopedia of life sciences.** Nature Publishing Group, 2001.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination.** 2.ed., New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BINOTTI, F. F. S.; SUEDA JUNIOR, C. I.; CARDOSO, E. D.; HAGA, K.; NOGUEIRA, D. C. Tratamentos pré-germinativos em sementes de brachiaria. Revista **Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.4, p.614-618, 2014.

BOSCH, E.; CUQUEL, F. L.; TOGNO, G. B. *Physalis* size reduction for potted ornamental plant use. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 5, p. 555-564, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CABI (Commonwealth Agricultural Bureaux Internacional). **Invasive species compendium** (2013). Disponível em: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/40711>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

CÁCERES, A.; MENÉNDEZ, H.; MÉNDEZ, E.; COHOBÓN, E.; SAMAYOA, B. E.; JAUREGUI, E.; PERALTA, E.; CARRILLO, G. Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 48, n. 2, p. 85-88, 1995.

CARDOSO, V. J. Germinação. In: KERBAUY, G. B (Ed.). **Fisiologia Vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

CARNEIRO, L. M. T. A.; RODRIGUES, T. J.; FERRAUDO, A. S.; PERECIN, D. Ácido abscísico e giberélico na germinação de sementes de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 177-185, 2001.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, T. C.; D'ANGELO, J. W. O.; SCARIOT, G. N.; SAES JÚNIOR, L. A.; CUQUEL, F. L. 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.

CHIANG, H. C.; JAW, S. M.; CHEN, C. F. Antitumor agent, physalin F from *Physalis angulata* L. **Anticancer Research**, v. 12, n. 3, p. 837-843, 1992.

FAO (Food and Agriculture Organization). **Fichas técnicas: productos frescos y processados** (2006). Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Planta tem ação antiinflamatória em peles sensíveis** (2012). Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acessado em 01 de julho de 2016.

FARON, M. L. B.; PERECIN, M. B.; LAGO, A. A.; BOVI, O. A.; MAIA, N. B. Temperatura, nitrato de potássio e fotoperíodo na germinação de sementes de *Hypericum perforatum* L e *H. Brasiliense* Choisy. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p.193-199, 2004.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, n. 3, p. 501- 523, 2006.

FLORES, I. F.; PASSAMANI, S.; BONOW, R. N.; LEMOS, C. A. Tratamento de sementes com ácido giberélico e crescimento de plântulas de arroz (*Oryza sativa*, L). **Revista FZVA**, v. 9, n. 1, p. 73 – 78, 2002.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 4.ed. Passo Fundo: Editora Universitária de Passo Fundo, 2008. 733p.

FREIBURGHHAUS, F.; KAMINSKY, R.; NKUNYA, M.H.H.; BRUN, R. Evaluation of African medicinal plants for their in vitro trypanocidal activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 55, n. 1, p.1-11, 1996.

GRIN (Germplasm Resources Information Network). **Taxon: *Physalis angulata*** (2006). Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

GUERRA, M. P.; RODRIGUES, M. A. Giberelinas. In: KERBAUY, G. B (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

GUIMARÃES, E. T.; LIMA, M. S.; SANTOS, L. A.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. B. C.; SANTOS, R. R. S. WASHINGTON L. C.; SOARES, M. B. P. Effects of seco-steroids purified from *Physalis angulata* L., Solanaceae, on the viability of *Leishmania* sp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 945-949, 2010.

HASSAN, A. I.; GHONEIM, M. A. M. A. Possible inhibitory effect of physalis (*Physalis pubescens* L.) on diabetes in male rats. **World Applied Sciences Journal**, v. 21, n. 5, p. 681-688, 2013.

HEINZE, W.; MIDASH, M. Photoperiodisch Reaktion von *Physalis peruviana* L. **Gartenbauwiss**, v. 56, n. 6, p. 262-264, 1991.

ISMAIL, N.; ALAM, M. A novel cytotoxic flavonoid glycoside from *Physalis angulata*. **Fitoterapia**, v.72, n. 6, p. 676-679, 2001.

ISTA (Internacional Seed Testing Association). **International Rules for Seed Testing Association**. Zurich: ISTA, 2016. 174p.

JANUÁRIO, A.H.; RODRIGUES FILHO, E.; PIETRO, R.C.L.R.; KASHIMA, S.; SATO, D.N.; FRANÇA, S.C. Antimycobacterial physalins from *Physalis angulata* L. (Solanaceae). **Phytotherapy Research**, v. 16, n. 5, p. 445-448, 2002.

KASTELEIN, P.; CAMARGO, E.P. Trypanosomatid protozoa in fruit of Solanaceae in southeastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 85, n. 4, p. 413-417, 1990.

KOSERA NETO, C.; FABIANE, K. C.; RADAELLI, J. C.; WAGNER JÚNIOR, A.; MOURA, G. C. Métodos para superação de dormência em sementes de tomateiro arbóreo (*Solanum betaceum*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 420-425, 2015.

KRINSKI, D. *Physalis angulata* L. (Solanaceae): a potential host-plant of stink bugs *Edessa meditabunda* F. (Hemiptera, Pentatomidae). **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p. 336-339, 2013.

LANNA, N. B. L.; VIEIRA JÚNIOR, J. O. L.; PEREIRA, R. C.; SILVA, F. L. A.; CARVALHO, C. M. Germinação de *Physalis angulata* e *P. Peruviana* em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 3, p. 75-82, 2013.

LEE, H. Z.; LIU, W. Z.; HSIEH, W. T.; TANG, F. Y.; CHUNG, J. G.; LEUNG, H. W. C. Oxidative stress involvement in *Physalis angulata*-induced apoptosis in human oral cancer cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 3, p. 561-570, 2009.

LEE, W.C; LIN, K.Y.; CHEN, C.M; CHEN, Z.T.; LIU, H.J.; LAI, Y.K. Induction of heat-shock response and alterations of protein phosphorylation by a novel topoisomerase II inhibitor, withangulatin A, in 9L rat brain tumor cells. **Journal of Cell Physiology**, v. 149, p. 66-76, 1991.

LIMA, C. S. M.; BETEMPS, D. L.; TOMAZ, Z. F. P.; GALARCA, S. P.; RUFATO, A. R. Germinação de sementes e crescimento de maracujá em diferentes concentrações do ácido giberélico, tempos de imersão e condições experimentais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 4, p.43-48, 2009.

LIMA, C. S. M.; GONÇALVES, M. A.; TOMAZ, Z. F. P. RUFATO, A. R.; FACHINELLO, J. C. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de *Physalis*. **Ciência Rural**, v. 40, n.12, p. 2472-2479, 2010.

LIN, Y. S.; CHIANG, H. C.; KAN, W. S.; HONE, E.; SHIH, S. J.; WON, M. H. Immunomodulatory activity of various fractions derived from *Physalis angulata* L. extract. **American Journal Clinical Medicine**, v. 20, p. 233-243, 1992.

LOPES, A. W. P.; SELEGUINI, A.; BOLIANI, A. C.; CORREA, L. S. Estádio de maturação do fruto e uso do ácido giberélico na germinação de sementes de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 278-284, 2009.

MAJEROWICZ, N.; PERES, E. P. Fotomorfogênese em plantas. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Estatísticas (2016). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em outubro de 2016.

MARTÍNEZ, M. Revision of *Physalis* section *Epeteirhiza* (Solanaceae). **Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica**, v. 69, n. 2, p. 71-117, 1998.

MARTINS, L.; SILVA, W. R. Comportamento da dormência em sementes de braquiária submetidas a tratamentos térmicos e químicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 997-1003, 2001.

MILÉO, L. J.; SILVA, J. F.; BENTES, J. L. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 771-782, 2007.

MUNIZ, J. 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.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; RUFATO, A. R.; MACEDO, T. A. General aspects of *physalis* cultivation. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 964-970, 2014.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 573-579, 2004.

OLIVEIRA, J. A. R.; MARTINS, L. H. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; PENA, R. S.; CARVALHO, A. V. Caracterização Física, Físico-Química e Potencial Tecnológico de Frutos de Camapu (*Physalis Angulata* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, p. 573-583, 2011.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, A. C.; PEREIRA, D. M. S.; LUCHESE, A. M.; SANTANA, J. R. R. Estabelecimento *in vitro* e crescimento inicial de *Physalis angulata* (Solanaceae). **Sitientibus: série Ciências Biológicas**, 2013. DOI: <http://dxdoi.org/10.13102/scb13>.

PIETRO, R. C. L. R.; KASHIMA, S.; SATO, D. N.; JANUÁRIO, A. H.; FRANÇA, S. C. In vitro antimycobacterial activities of *Physalis angulata* L. **Phytomedicine**, v. 7, n. 4, p. 335-338, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN. **Biologia vegetal**. 7. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 832 p.

ROBERTS, E. H. **Viability of seeds**. Londres: Chapman and Hall Ltd., 1974. 359p.

RODRIGUES, A. K., FREITAS, L. G., AZEVEDO, A. A. & FERRAZ, S. Desenvolvimento de *Pasteuria penetrans* em *Meloidogyne* spp. parasitando diferentes espécies vegetais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 267-272. 2003.

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 400-407, 2013.

SANTOS, J. A. A.; TOMASSINI, T. C. B.; XAVIER, D. C. D.; RIBEIRO, I. M.; SILVA, M. T. G.; MORAIS FILHO, Z. B. Molluscicidal activity of *Physalis angulata* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) under laboratory conditions. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 3, p. 425-428, 2003.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; SCALON FILHO, H.; FRANCELINO, C. S. F. FLORÊNCIO, D. K. A. Armazenamento e tratamentos pré-germinativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p.179-185, 2006.

SILVA, K. N.; AGRA, M. F. Estudo farmacobotânico comparativo entre *Nicandra physalodes* e *Physalis angulata* (Solanaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 4, p. 344-351, 2005.

SOARES, E. L. C.; VENDRUSCOLO, G. S.; VINOLI-SILVA, M.; THODE, V. A.; SILVA, J. G.; MENTZ, L. A. O Gênero *Physalis* L. (Solanaceae) No Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas Botânicas**, v. 60, p. 323-340, 2009.

SOARES, M. B. P.; BELLINTANI, M. C.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. C. B.; SANTOS, R. R. Inhibition of macrophage activation and lipopolysaccharide induced death by seco-steroids purified from *Physalis angulata* L. **European Journal of Pharmacology**, v. 459, p. 107-112, 2003.

SOUZA, M. O.; SOUZA, M. L. C.; PELACINI, C. R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 105-112. 2011.

SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M.; BARROSO, N. S.; PELACANI, C. R. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153-156, 2014.

SOMAGGIO, L. R.; VICENTE, A. A.; MARIN, R. J.; CARVALHO, R.; CURIEL, A. C.; LEAL, T. S. MORAES, C. P. Germinação e crescimento inicial de *Helianthus annuus* L.

(Asteraceae) submetido à pré-embebição em diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3). **Revista de Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 397-408, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820p.

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

TOMASSINI, T. C. B.; BARBI, N. S.; RIBEIRO, I. M.; XAVIER, D. C. D. Gênero *Physalis* - uma revisão sobre vitaesteróides. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 47-57, 2000.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica - organografia**: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos. 4.ed. Viçosa: UFV, 2003. 124 p.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

YILDIRIM, E.; KARLIDA, H.; DURSUN, A. Salt tolerance of *physalis* during germination and seedling growth. **Pakistan Journal of Botany**., v. 43, n. 6, p. 2673-2676, 2011.

XAVIER, D.; IVANOV, R. C.; CUNHA, M. A. A.; PEREIRA, E. A. Produção e caracterização de vinagre de fisalis. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v.2, n.1, p.27-32, 2011.

CAPÍTULO II

ECOFISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L.

RESUMO

A espécie *Physalis angulata* L., conhecida por camapu, embora possua grande potencial farmacológico e agroindustrial, existem poucas pesquisas sobre os aspectos ecofisiológicos que influenciam a germinação de suas sementes. Neste sentido, objetivou-se avaliar a germinação e o vigor de sementes de *P. angulata* L. em função da temperatura e condição luminosa. Para isso, testou-se valores de temperatura (25, 30, 35 °C), tipos de luz (ausência de luz, luz branca, luz na frequência do vermelho e na frequência do vermelho-distante) e fotoperíodos (0, 8, 12 e 16 horas). As variáveis analisadas foram a germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de plântulas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. A temperatura de 35 °C foi a que proporcionou a maior germinação. A ausência de luz foi benéfica à germinação e ao vigor das sementes. Valores crescentes de fotoperíodo afetaram negativamente a germinação das sementes de *P. angulata* L. Conclui-se que sob a temperatura constante de 35 °C e ausência de luz, as sementes de *P. angulata* L. expressam elevado potencial fisiológico, e este é desfavorecido pelo aumento do tempo de exposição à luz durante a germinação.

Palavras-chave: fitocromo, fotoperíodo, germinação, qualidade luminosa, temperatura.

GERMINATION ECHOPHYSIOLOGY OF THE SEED OF *Physalis angulata* L.

ABSTRACT

The specie *Physalis angulata* L., known as “camapu”, although it possess great pharmacological and agroindustrial potential, there are little researches on the eco-physiological aspects for this species. In this sense, this work aimed to evaluate the germination and the vigor of the seeds of *P. angulata* L. based on the temperature and light conditions. For this, types of temperatures (25, 30, 35 °C), light quality (absence of light, white light, red light in the far-red light) and photoperiods (0, 8, 12 and 16 hours) were tested. The experimental design was completely randomized. The analyzed variables were germination, germination speed index, length and seedling dry weight. The temperature of 35 °C was the one that provided the highest germination. The absence of light was beneficial to seed germination and the vigor of the seeds. Increasing values of photoperiod affected negatively the germination of *P. angulata* L. seeds. Thus, it was concluded that under the constant temperature of 35 °C and without light, seeds of *P. angulata* L. express high physiological potential; and this potential is disadvantaged by increasing the time of exposure to light during germination.

Keywords: phytochrome, photoperiod, germination, light quality, temperature.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Physalis angulata* (Linneu), conhecida vulgarmente por camapu, é uma planta herbácea, de ciclo anual, pertencente à família Solanaceae. É uma espécie rústica e amplamente distribuída ao longo do hemisfério sul, podendo ser encontrada na maior parte dos países tropicais e subtropicais do globo, especialmente na América do Sul e na África (CABI, 2013). No Brasil, ocorre principalmente nas regiões Norte e Nordeste.

Apesar de ser uma espécie ainda pouco explorada comercialmente, os frutos de *P. angulata* L. são normalmente apreciados por possuírem sabor adocicado e ligeiramente ácido. Além disso, são dotados de elevado potencial farmacológico (Santos *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2003; Guimarães *et al.*, 2010), e com isso, tem havido crescente interesse da indústria farmacêutica quanto ao seu cultivo de *P. angulata* L. para fins tecnológicos (FAPESP, 2012).

Mesmo com seu potencial econômico, há carência de informações referentes aos aspectos ecofisiológicos de *P. angulata* L. inclusive quanto à germinação de suas sementes. A temperatura é um dos principais fatores abióticos atuantes sobre a germinação. As reações bioquímicas envolvidas no processo de germinação são dependentes de sistemas enzimáticos que requerem adequadas faixas de temperatura (Bewley e Black, 1994). A exigência das sementes quanto à temperatura varia em função da espécie, sendo também influenciada pelas condições do ambiente.

A temperatura ótima é aquela que possibilita a máxima germinação no menor intervalo de tempo, sendo determinada geneticamente e influenciada por aspectos fisiológicos da própria semente (Marcos-Filho, 2015). A temperatura ótima para a germinação da maioria das espécies ocorre no intervalo entre 20 e 30 °C (Carvalho e Nakagawa, 2012). Ainda não existe consenso quanto à temperatura ótima para a germinação de sementes de *P. angulata* L. apesar de serem normalmente utilizados valores entre 25 e 35 °C (Souza *et al.*, 2011; Lanna *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2014).

Embora a luz não seja um fator ambiental imprescindível para a germinação, em algumas espécies pode estimular positivamente o processo germinativo. Esse estímulo está associado a um conjunto de pigmentos denominados fitocromos, presentes no citoplasma das células do eixo embrionário (Taiz e Zeiger, 2013). O fitocromo na sua forma ativa favorece a síntese de hormônios e enzimas e o reinício de expressão de genes associados à germinação, influenciando a atividade respiratória, a permeabilidade dos tegumentos ao oxigênio e o metabolismo de lipídeos (Marcos Filho, 2015).

As formas ativa (Prf) ou inativa (Pr) do fitocromo ocorrem em função do comprimento de onda da radiação luminosa. Em ambiente natural a elevada razão entre a radiação luminosa na faixa do vermelho e vermelho-distante (R/FR) causa a conversão de Pr em Prf, favorecendo a germinação. Por outro lado, a baixa razão R/FR ou a escuridão completa causam a conversão de Prf em Pr (Carvalho e Nakagawa, 2012; Taiz e Zeiger, 2013).

Além da qualidade luminosa, a resposta fisiológica da semente à luz também varia em função da fluência e irradiância, que estão associadas à intensidade e tempo de exposição à luz (Majerowicz e Peres, 2012). Em ambiente natural, a amplitude de exposição à luz é regulada pelo fotoperíodo. Heinze e Midash (1991) enfatizam que o desenvolvimento de plantas de *Physalis* sp é favorecido sob dias curtos, porém, especificamente para *P. angulata* essas informações são desconhecidas.

As informações sobre a ecofisiologia das sementes de *P. angulata* L. são úteis não somente para fins de seu manejo, mas também para a padronização do teste de germinação, uma vez que não há recomendações específicas a respeito da condução do referido teste para essa espécie, nas Regras para Análise de Sementes, tanto nacionais quanto internacionais (Brasil, 2009; ISTA, 2016). Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar a germinação e o vigor de sementes de *P. angulata* em função da temperatura e condição luminosa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), em Castanhal, PA (1°17'49"S, 47°55'19"W e altitude média de 41 m). Os frutos maduros (frutos e cálice frutífero com coloração amarela) de *P. angulata* L. foram colhidos manualmente de plantas (20 matrizes) existentes espontaneamente no campus do IFPA de Castanhal-PA e levados ao Laboratório de Análise de Sementes, onde foram descartados os visivelmente danificados por pragas e doenças ou fermentados.

Os frutos foram cortados com lâmina de aço inoxidável e imersos em água destilada para facilitar o despulpamento manual e extração das sementes. Posteriormente, as sementes foram distribuídas sobre papel toalha e colocadas para secar em local sombreado e temperatura ambiente por 24 horas. Após a secagem, determinou-se o teor de água das sementes, pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, conforme Brasil (2009). O teor médio de água após a secagem foi entorno de 13%. As sementes foram acondicionadas em recipiente de vidro com tampa metálica, revestido com saco plástico, e mantido em ambiente refrigerado (~ 5 °C).

Foram realizados três experimentos subsequentes. No primeiro experimento, as sementes foram submetidas a testes de germinação, sob temperaturas constantes de 25, 30 e 35 °C em câmaras de germinação, sob fotoperíodo de 12 horas. Para isso, quatro repetições de 50 sementes foram semeadas em placas de Petri (90 mm de diâmetro x 15 mm de altura), tendo como substrato duas folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso seco. Para evitar o ressecamento do substrato, as placas de Petri foram revestidas com filmes de pvc e acondicionadas em sacos plásticos transparentes. Sempre que necessário, o substrato foi reumedecido com água destilada durante o teste. As avaliações foram realizadas aos sete e 28 dias após o semeio, tendo como indicação a espécie do mesmo gênero, *Physalis pubescens* (Linneu) presente nas Regras para Análise de

Sementes (Brasil, 2009). Nessa avaliação, estabeleceu-se como critério a emissão da raiz primária e os resultados foram expressos em porcentagem.

No segundo experimento, os testes de germinação foram realizados obedecendo aos mesmos critérios do primeiro experimento, porém sob a temperatura constante de 35 °C. As quatro condições luminosas testadas foram: ausência de luz (Al), luz branca (Lb), luz vermelha (Lv) e luz vermelha distante (Lvd), conforme Menezes *et al.* (2004). A ausência de luz foi obtida revestindo-se as placas de Petri com papel alumínio, enquanto que para a luz branca, empregou-se quatro lâmpadas fluorescentes (2500 lux), inseridas na parte interna da porta da câmara de germinação. Para a luz vermelha, revestiu-se as placas de Petri com duas folhas de papel celofane vermelho. Já para a luz vermelha distante, as placas foram revestidas com duas folhas de papel celofane vermelho e mais duas de papel celofane azul.

Todas as análises foram realizadas sob luz verde (7W), que além da germinação, realizada conforme descrito no experimento anterior, avaliou-se, também, as seguintes variáveis: a) índice de velocidade de germinação (IVG), realizado conjuntamente com o teste de germinação, avaliando-se a contagem das sementes germinadas sempre no mesmo horário, sendo os valores obtidos de acordo com a equação proposta por Maguire (1962); b) comprimento de plântulas, obtido a partir da extremidade da radícula até a inserção dos cotilédones, com uso de régua milimetrada, expressando-se os resultados em cm; c) massa seca de plântulas, acondicionando-se estas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas, sendo determinada em balança analítica de precisão (0,0001 g).

No terceiro experimento, os testes de germinação foram realizados conforme descrito no primeiro experimento, sob a temperatura constante de 35 °C e quatro fotoperíodos: ausência de luz (zero), 8, 12 e 16 horas de luz. Utilizou-se a luz branca, obtida por meio de quatro lâmpadas fluorescentes (2500 lux) inseridas na parte interna da porta da câmara de

germinação. Avaliou-se germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e peso seco de plântulas, conforme critérios descritos anteriormente.

Nos três experimentos empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Testou-se a normalidade e a igualdade de variâncias dos dados, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov ($P < 0,01$) e Bartlett ($P < 0,01$) respectivamente. Para os tratamentos qualitativos, realizou-se análise de variância (ANOVA, $P < 0,05$), e a diferença entre médias constatada pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para os tratamentos quantitativos, realizou-se ANOVA de regressão polinomial ($P < 0,05$) linear e quadrática. Considerou-se o modelo de regressão com maior valor de coeficiente de determinação. O *software* utilizado foi o Sigma Plot 11[®].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de germinação de sementes de *P. angulata* L. em função da temperatura apresentaram ajuste significativo de regressão tanto para a germinação ($F = 246,9$; $P < 0,001$) quanto para a primeira contagem de germinação ($F = 656,6$; $P < 0,001$), sendo o modelo quadrático o mais representativo para ambas as variáveis, conforme representado na figura 1.

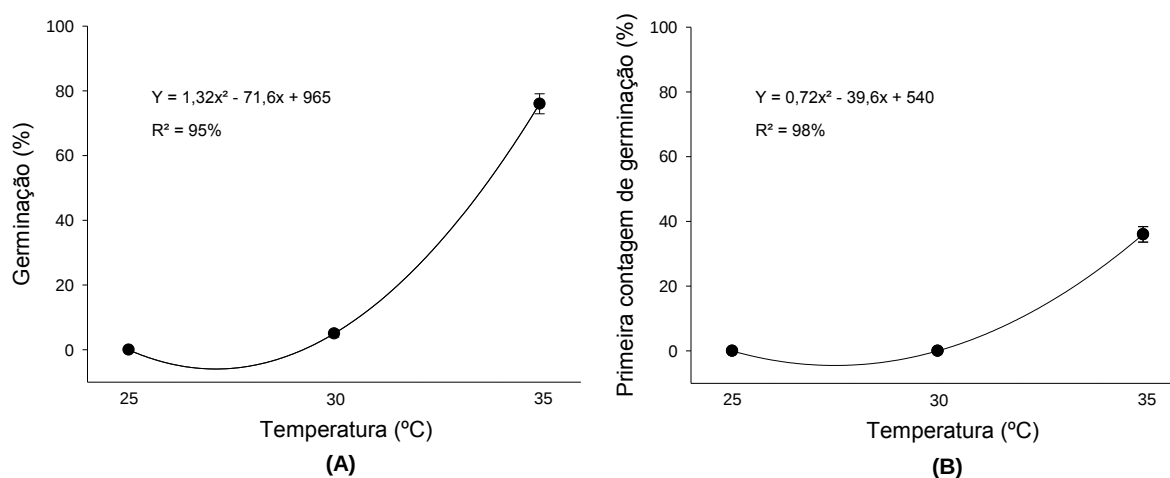


Figura 1. Germinação (A) e primeira contagem de germinação (B) de sementes de *Physalis angulata* L., em função da temperatura.

Sob temperatura de 25 °C não houve germinação de sementes, enquanto que sob a temperatura de 30 °C a germinação ocorreu de forma lenta e somente nos últimos dias do teste, com valores inferiores a 10% de germinação. Por outro lado, a temperatura de 35 °C ocasionou germinação acima de 70%. Os percentuais de sementes germinadas na primeira contagem também foram baixos, inferiores a 40%. Para a maioria das espécies vegetais de clima tropical a temperatura ótima para germinação das sementes ocorre no intervalo entre 20 e 30 °C (Borges e Rena, 1993; Carvalho e Nakagawa, 2012; Marcos-Filho, 2015).

Para algumas espécies do gênero *Physalis*, como *P. ixocarpa* L. e *P. peruviana* L., ou mesmo para a *P. angulata* L. semeada em meio a cultura vegetal (*in vitro*), a temperatura constante de 25 °C é suficiente para promover elevada germinação (> 80%) (Yildirim *et al.*, 2011; Lanna *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013). Porém, em geral, a exigência em temperaturas elevadas (> 30 °C) para a germinação de sementes de *P. angulata* é uma característica da espécie, também constatada em outros estudos. Sousa (2009) obteve germinação nula em sementes dessa espécie, sob a temperatura constante de 20 °C, enquanto que sob 25 °C a germinação foi inferior a 40%. Ainda segundo o mesmo autor, o emprego de temperaturas constantes de 30 e 35 °C proporcionaram percentuais de germinação de 53 e 80%, respectivamente. Outros estudos também constataram percentuais de germinação de sementes de *P. angulata* L. próximos de 100% sob temperatura constante de 35 °C (Sousa *et al.*, 2011; Marques, 2012; Souza *et al.*, 2014).

Nos estudos de Sousa *et al.* (2011) e Sousa *et al.* (2014) o teste de germinação de sementes de *P. angulata* L. conduzido sob a temperatura de 35 °C foi concluído em 10 dias. Por outro lado, Marques (2012) verificou que 72 horas após a instalação do teste de germinação, a 35 °C, correu germinação superior a 90%. Os resultados destes autores evidenciam que temperaturas elevadas estimulam e contribuem para a germinação e vigor de sementes de *P. angulata* L.

Conforme enfatizam Maia *et al.* (2008), o requisito em temperaturas elevadas para a germinação é, normalmente, característica de espécies que se estabelecem espontaneamente em áreas antropizadas, como é o caso de *P. angulata* L. Para esta, presume-se que a exigência em temperaturas elevadas para a germinação seja uma adaptação ecológica, uma vez que a referida espécie ocorre espontaneamente em uma ampla variedade de habitats nos países tropicais (CABI, 2016), cujas temperaturas diárias podem ultrapassar os 35 °C. A germinação das sementes em uma faixa elevada de temperatura, geralmente, favorece o estabelecimento no campo de forma mais rápida, conferindo vantagens em sobrevivência sobre outras espécies que requerem faixas menores de temperatura (Maia *et al.*, 2008).

No tocante aos resultados referentes à qualidade luminosa, verifica-se que a ausência de luz (Al) proporcionou melhor desempenho fisiológico às sementes de *P. angulata* L. durante o processo de germinação, enquanto que a luz na frequência do vermelho-distante (Vd) ocasionou resultados inferiores para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Médias referentes à germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de camapu (*Physalis angulata* L.) em função da qualidade luminosa.

Qualidade Luminosa	G (%)	PC (%)	IVG	CP (cm)	MSP (g)
Al	91 (1,4) a	89 (1,3) a	13,7 (0,4) a	5,2 (0,2) a	0,5 (0,0) a
Lb	51 (1,6) b	50 (1,5) b	7,1 (1,5) b	4,0 (0,3) b	0,3 (0,0) b
V	59 (2,6) b	59 (2,6) b	3,8 (0,5) b	3,8 (0,1) b	0,3 (0,0) b
Vd	34 (1,2) c	32 (1,2) c	5,8 (1,5) b	3,9 (0,3) b	0,2 (0,1) c
F	45,03	45,82	14,78	9,33	12,66
P	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001

Al: ausência de luz; Lb: luz branca; V: vermelho; Vd: vermelho-distante; F: teste F (Anova); P: índice descritivo. Médias com letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Valores entre parênteses é igual ao erro-padrão.

Constata-se que, embora as sementes de *P. angulata* L. possam germinar tanto na presença quanto na ausência de luz, esta última condição foi mais favorável. Logo, os resultados obtidos nesta pesquisa contradizem as recomendações estabelecidas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), quando apontam a luz como benéfica para as espécies *P. alkekengi* L. e *P. pubescens* L. durante a germinação.

Várias pesquisas sobre a germinação de *P. angulata* L. têm sido conduzidas sob a presença de luz, com germinação média de 80% (Souza, 2009; Sousa *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2013). Todavia, os resultados do presente estudo não permitiram classificar as sementes de *P. angulata* como fotoblásticas positiva, uma vez que a ausência de luz não somente favoreceu significativamente a germinação como, também, contribuiu para aumentar o potencial fisiológico das sementes, em comparação com as conduzidas sob a presença de luz. Concordando com esses resultados, Yildirim *et al.* (2011) verificaram efeito benéfico da ausência de luz durante a germinação de sementes de duas espécies do mesmo gênero (*P. ixocarpa* L. e *P. peruviana* L.), com 90% de sementes germinadas a 25 °C.

A sensibilidade das sementes à luz é uma característica que pode ser adquirida em função das condições ambientais ao longo da maturação, não sendo necessariamente um fator genético (Marcos-Filho, 2015). Portanto, a sensibilidade das sementes de *P. angulata* L. à luminosidade, presumivelmente, varia em função da adaptação ecológica ao ambiente onde as plantas se desenvolveram. Todavia, segundo Lessa *et al.* (2013), a resposta fisiológica das sementes à luz pode variar de acordo com a idade das sementes, as condições de armazenamento, a integridade dos tegumentos, o potencial hídrico, a temperatura e o tratamento para superação da dormência.

Nas pesquisas de Dias *et al.* (1992), verificou-se que o efeito da luz sobre sementes de quatro espécies arbóreas na Amazônia (*Mimosa scabrella* Benth., *Chorisia speciosa* St. Hill., *Tabebuia avellaneda* Zhang e *Esenbeckia leiocarpa* Engl.) foi similar aos resultados obtidos

neste estudo. Os referidos autores constataram que a germinação das espécies citadas foi maior no escuro, e decresceu na seguinte ordem: luz vermelha, azul, branca e vermelho-distante. Diante disso, sugere-se que a elevada germinação de sementes no escuro é indicativo de uma concentração não limitante de fitocromo em sua forma ativa, dispensando-se a presença de luz para desencadear o processo germinativo (Takaki, 2001; Menezes *et al.*, 2004; Marcos-Filho, 2015). No presente estudo, os resultados evidenciaram elevada fotosensibilidade de sementes de *P. angulata* à luz na frequência do vermelho-distante (Vd), havendo decréscimos na germinação e no vigor, de acordo com a diminuição do filtro à luz Vd.

Os resultados do índice de velocidade de germinação sob ausência de luz foram maiores do que os obtidos em outros estudos com *P. angulata* L. conduzidos sob luz branca, como Souza (2009) (entre 2,5 e 6,5), Sousa *et al.* (2010) (6,5), Lanna *et al.* (2013) (6,3), Marques (2012) (12,8) e Oliveira *et al.* (2013) (entre 7,0 e 7,8). Os resultados do índice de velocidade de germinação obtidos por Souza (2009) são condizentes com os verificados sob a luz branca, no presente estudo.

Quanto ao comprimento e massa seca de plântulas, em geral os valores obtidos neste estudo estão próximos dos obtidos por Souza (2009) e Oliveira *et al.* (2013) para *P. angulata* L. O maior comprimento de plântulas sob a ausência de luz, em relação às demais condições luminosas, foi uma resposta fisiológica já esperada. É comum que em condições de sombreamento ou ausência de luz ocorra o estiolamento, que se constitui no alongamento celular como estratégia ecológica da planta em busca de luz e que, normalmente, ocorre também na fase de plântula (Taiz e Zeiger, 2013). Todavia, a influência da condição luminosa sobre o comprimento e a massa de plântulas depende de outros fatores, como a espécie e a temperatura ambiente (Menezes *et al.*, 2004; Stefanello *et al.*, 2006; Stefanello *et al.*, 2008).

A ausência de luz não somente estimulou maior germinação e vigor de sementes de *P. angulata* L., como houve uma razão inversa entre o potencial fisiológico das sementes e o tempo de exposição à luz. Para todas as variáveis, houve ajuste significativo de curva de regressão em função do fotoperíodo, conforme representado na figura 2.

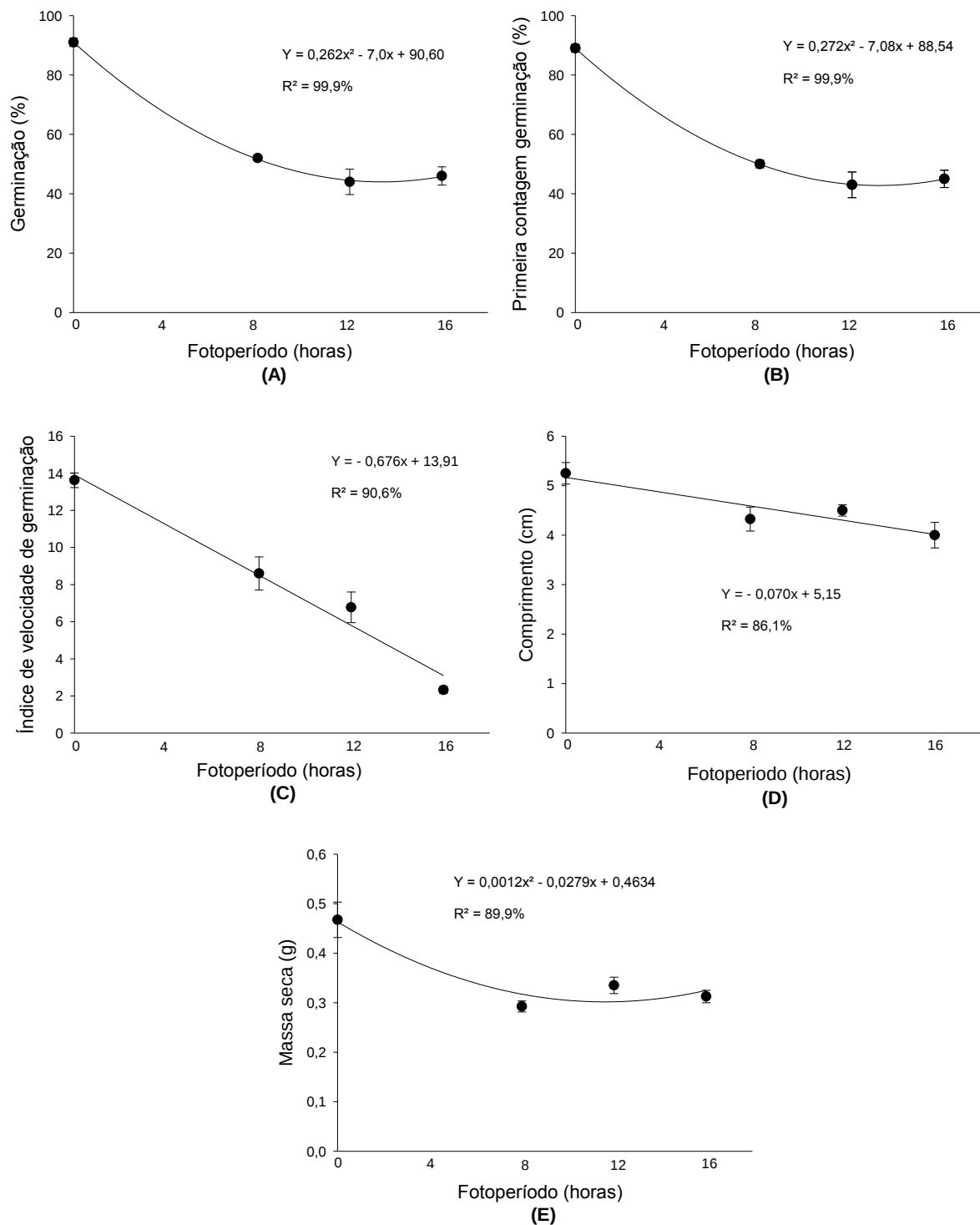


Figura 2. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), comprimento de plântulas (D) e massa seca de plântulas (E) de *Physalis angulata* L., em função do fotoperíodo. 47

Tanto para a germinação ($F = 7,79$; $P = 0,015$) quanto para a primeira contagem do teste de germinação ($F = 8,47$; $P = 0,000$) o modelo de regressão mais representativo foi o quadrático (Figura 2A). Enquanto que para o índice de velocidade de germinação ($F = 134,2$; $P = 0,000$) (Figura 2B) e comprimento de plântulas ($F = 14,45$; $P = 0,002$) (Figura 2C), o único modelo de regressão significativo foi o linear. Para a massa seca de plântulas (Figura 5D) o modelo mais representativo também foi o quadrático ($F = 8,19$; $P = 0,013$).

Em geral, os valores médios das variáveis estão condizentes com os obtidos sob luz branca e ausência de luz, no experimento de qualidade luminosa (Tabela 1). Os resultados referentes à germinação divergem dos obtidos em outros estudos com *P. angulata* L. A maior parte das pesquisas sobre a germinação de *P. angulata* L. foram realizadas sob o fotoperíodo de 12 horas, obtendo-se germinação acima de 80% (Souza *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2011; Sousa *et al.*, 2014). *In vitro*, Oliveira *et al.* (2013) obtiveram germinação acima de 80%, sob o fotoperíodo de 16 horas, a 25 °C. Enquanto Carvalho *et al.* (2014) obtiveram 89% de germinação com fotoperíodo de oito horas, sob a temperatura alternada de 20-30 °C.

Os estudos citados nos parágrafos anteriores, juntamente com os resultados deste estudo, permitem presumir que a *P. angulata* L. seja uma espécie fotoblástica neutra, podendo adquirir características de “fotoblástica negativa preferencial”, em função da adaptação ecológica às condições ambientais do lugar de ocorrência. Outras espécies do gênero *Physalis*, como a *P. peruviana*, têm sido classificadas como plantas de dias curtos (Heinze e Midash, 1991, Rufato *et al.*, 2008). Logo, é possível que a *P. angulata* L. também seja fisiologicamente favorecida pela ocorrência de dias curtos, estando condizente com este estudo.

4. CONCLUSÃO

Sementes de *P. angulata* L. expressam melhor sua germinação e vigor sob a temperatura constante de 35 °C e ausência de luz; e são negativamente afetadas quanto maior o tempo de exposição à luz durante a germinação.

5. REFERÊNCIAS

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PINÃO-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-135.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CABI (Commonwealth Agricultural Bureaux Internacional). **Invasive species compendium** (2013). Disponível em: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/40711>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, T. C.; D'ANGELO, J. W. O.; SCARIOT, G. N.; SAES JÚNIOR, L. A.; CUQUEL, F. L. 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.

DIAS, L.A.S.; KAGEYAMA, P.Y.; ISSIKI, K. Qualidade de luz e germinação de espécies arbóreas tropicais. **Acta Amazônica**, v. 22, n. 1, p. 79-84, 1992.

FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Planta tem ação antiinflamatória em peles sensíveis (2012)**. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

GUIMARÃES, E. T.; LIMA, M. S.; SANTOS, L. A.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. B. C.; SANTOS, R. R. S. WASHINGTON L. C.; SOARES, M. B. P. Effects of seco-steroids purified from *Physalis angulata* L., Solanaceae, on the viability of *Leishmania* sp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n. 6, p. 945-949, 2010.

HEINZE, W.; MIDASH, M. Photoperiodisch Reaktion von *Physalis peruviana* L. **Gartenbauwiss**, v. 56, n. 6, p. 262 – 264, 1991.

ISTA (Internacional Seed Testing Association). **International Rules for Seed Testing Association**. Zurich: ISTA, 2016. 174p.

LANNA, N. B. L.; VIEIRA JÚNIOR, J. O. L.; PEREIRA, R. C.; SILVA, F. L. A.; CARVALHO, C. M. Germinação de *Physalis angulata* e *P. Peruviana* em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 3, p. 75-82, 2013.

LESSA, B. F. T.; FERREIRA, V. M.; ARAÚJO NETO, J. C.; SOUZA, R. C. Germinação de sementes de *Emilia coccinea* (Sims) G. DON em função da luminosidade, temperatura, armazenamento e profundidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3193-3204, 2013.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MAJEROWICZ, N.; PERES, E. P. Fotomorfogênese em plantas. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

MAIA, S. S. S.; PINTO, J. E. B. P.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, F. N. SANTOS, F. M. Germinação de sementes de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae) em função da luz e da temperatura. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 212-218, 2008.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARQUES, A. C. S. S. **Expressão de genes associados à restrição hídrica em sementes de *Physalis angulata***. (Solanaceae). 2012. 61p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

MENEZES, N. L.; FRANZIN, S. M. ROVERSI, T.; NUNES, E. P. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p.32-37, 2004.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, A. C.; PEREIRA, D. M. S.; LUCCHESI, A. M.; SANTANA, J. R. R. Estabelecimento *in vitro* e crescimento inicial de *Physalis angulata* (Solanaceae). **Sitientibus: série Ciências Biológicas**, 2013. DOI: <http://dxdoi.org/10.13102/scb13>.

RUFATO, L. *et al.* **Aspectos técnicos da cultura da *physalis***. Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPel, 2008.100 p.

SANTOS, J.A.A.; TOMASSINI, T.C.B.; XAVIER, D.C.D.; RIBEIRO, I.M.; SILVA, M.T.G.; MORAIS FILHO, Z.B. Molluscicidal activity of *Physalis angulata* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) under laboratory conditions. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 3, p. 425-428, 2003.

SOARES, M.B.P.; BELLINTANI, M.C.; RIBEIRO, I.M.; TOMASSINI, T.C.B.; SANTOS, R.R. Inhibition of macrophage activation and lipopolysaccharide induced death by seco-steroids purified from *Physalis angulata* L. **European Journal of Pharmacology**, v. 459, p. 107-112, 2003.

SOUZA, C. L. M. **Germinabilidade de sementes de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) sob condições de estresses abióticos.** 70p. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.

SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M.; BARROSO, N. S.; PELACANI, C. R. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153 – 156, 2014.

SOUZA, M. O.; SOUZA, M. L. C.; PELACINI, C. R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica, Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 105-112. 2011.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L.; WRASE, C. F. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na Germinação e no vigor de sementes de anis. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 45-50, 2006.

STEFANELLO, S.; CHRISTOFOLLI, P.; FRANTZ, G.; ROCHA, A. C. S.; SILVA, J. M.; STEFANELLO, R.; SCHUELTER, A. R. Germinação de sementes armazenadas de cubiu sob diferentes condições luminosas. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 363 – 367, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820p.

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 1, p. 104-108, 2001.

YILDIRIM, E.; KARLIDA, H.; DURSUN, A. Salt tolerance of physalis during germination and seedling growth. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 6, p. 2673-2676, 2011.

CAPÍTULO III

TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L. COM PROMOTORES QUÍMICOS

RESUMO

A espécie *Physalis angulata* L., conhecida por camapu, possui elevado potencial farmacológico e agroindustrial, porém por ser uma planta ainda essencialmente silvestre, suas sementes podem expressar baixo potencial fisiológico. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito de tratamentos pré-germinativos em sementes de *P. angulata* L., com uso de promotores químicos. Para isso, as sementes foram previamente tratadas com soluções de ácido giberélico - GA₃ (0,00; 0,02; 0,04; 0,06 e 0,08%), nitrato de potássio - KNO₃ (0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0%), e Stimulate® (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50%) e colocadas para germinar a 35 °C e ausência de luz. Cada promotor químico foi constituído de um experimento individualizado, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes. As variáveis analisadas foram: germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e emergência de plântulas. Os três promotores químicos foram benéficos para o vigor de sementes de *P. angulata* L., sendo as concentrações de 0,06% de GA₃, 0,4% de KNO₃ e 1,0% de Stimulate® as mais eficazes.

Palavras-chave: ácido giberélico, nitrato de potássio, Stimulate®.

PRE-GERMINATIVE TREATMENTS OF SEEDS OF *Physalis angulata* L. WITH CHEMICALS PROMOTERS

ABSTRACT

The species *Physalis angulata* L., known as “camapu”, has high pharmacological and agroindustrial potential, but due to the fact that it is still essentially wild, its seeds can result in low physiological potential. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of pre-germination treatments for germination of seeds of *P. angulata* L. For this, the seeds were previously treated with gibberellic acid solutions - GA₃ (0.00, 0.02, 0.04, 0.06 and 0.08%), saltpetre - KNO₃ (0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0%), and Stimulate® (0.00; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00; 1.25 and 1.50%) and they were germinated at 35 °C without light. Each chemical promoter consisted of an individualized experiment in a random experimental design with four replications of 25 seeds. The analyzed variables were: germination, first germination count, germination speed index and seedling emergence. The three chemical promoters were beneficial to the vigor of the seeds of *P. angulata* L., and the most effective concentrations were 0.06% GA₃, 0.4% KNO₃ and 1.0% Stimulate®.

Keywords: gibberellic acid, potassium nitrate, Stimulate®.

1. INTRODUÇÃO

Em função de suas propriedades nutritivas e medicinais, a espécie *Physalis angulata* (Linneu) possui elevado potencial agrônomo e tecnológico (Santos *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2003; Guimarães *et al.*, 2010^a, Oliveira *et al.*, 2011). Todavia, por ser ainda uma espécie essencialmente silvestre, em início de domesticação (CABI, 2013), suas sementes podem expressar baixo potencial fisiológico. Em semeio direto no campo, normalmente ocorre baixa emergência, com plântulas pouco vigorosas e desuniformes. Segundo Carvalho *et al.* (2014), mesmo sob ambiente controlado, pode ocorrer baixa germinação de sementes (< 50%).

Em algumas espécies vegetais, tanto cultivadas quanto silvestres, o tratamento das sementes com fitorreguladores tem sido eficiente para a superação de problemas relacionados à baixa germinação e vigor (Faron *et al.*, 2004; Prado Neto *et al.*, 2007; Lopes e Souza, 2008 *et al.*). Os fitorreguladores, também chamados de biorreguladores vegetais, são substâncias sintéticas de aplicação exógena, com funções similares a dos hormônios vegetais, que promovem, inibem ou modificam os processos fisiológicos ou morfológicos nas plantas (Vieira e Castro, 2001).

O ácido giberélico (GA₃) é um fitorregulador disponível comercialmente, com função fisiológica similar à dos hormônios do grupo das giberelinas (Guerra e Rodrigues, 2012). Segundo Taiz e Zeiger (2013), esses fitormônios atuam como ativadores enzimáticos, promovendo a degradação de proteínas e reservas nutricionais, diminuição da rigidez da parede celular, maior entrada de água nas células, liberação de energia, e divisão e alongamento celular, favorecendo o crescimento radicular do embrião.

A mistura de dois ou mais fitorreguladores, ou destes com outras substâncias como aminoácidos, vitaminas ou nutrientes, é denominado de bioestimulante ou estimulante vegetal (Prado Neto *et al.*, 2007). Estudos têm constatado resultados eficientes do tratamento de sementes com estimulantes vegetais quanto à superação da dormência, bem como aumentos

significativos na taxa e velocidade de germinação, além de proporcionar maior uniformidade, comprimento e massa seca de plântulas (Vieira e Castro, 2001; Santos *et al.*, 2013a).

Além dos fitorreguladores, um dos promotores químicos mais utilizados na agricultura para o tratamento pré-germinativo de sementes é o nitrato de potássio (KNO_3) (Carvalho e Nakagawa, 2012). O íon nitrato presente no KNO_3 está associado à via pentose fosfato, que é uma importante rota no sistema de transporte de elétrons nos estágios iniciais da germinação (Marcos-Filho, 2015). Tanto o GA_3 quanto o KNO_3 são recomendados pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) para o tratamento pré-germinativo de sementes visando beneficiar a germinação.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de tratamentos pré-germinativos em sementes de *P. angulata* L., através da utilização de ácido giberélico, nitrato de potássio e bioestimulante (Stimulate[®]) para melhoria da germinação e vigor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Castanhal, PA (1°17'49"S, 47°55'19"W e altitude média de 41 m). Frutos maduros de *P. angulata* L. (frutos e cálices frutíferos com coloração amarela) foram colhidos manualmente de plantas (20 matrizes) estabelecidas espontaneamente em área do IFPA, campus Castanhal.

No Laboratório de Análises de Sementes do IFPA, selecionou-se os frutos que não apresentaram danos visíveis por pragas, doenças ou fermentados. Os frutos foram cortados com lâmina de aço inoxidável e imersos em água destilada para facilitar o despolpamento manual e a extração das sementes. As sementes foram distribuídas sobre papel toalha e colocadas para secar em local sombreado a temperatura ambiente (~ 30 °C) por 24 horas.

Após a secagem, determinou-se o teor de água das sementes pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (Brasil, 2009), obtendo-se o valor médio de 7%.

Para os tratamentos pré-germinativos das sementes de *P. angulata* L., utilizou-se três promotores químicos, em concentrações crescentes: ácido giberélico - GA₃ (0,00; 0,02; 0,04; 0,06 e 0,08%), nitrato de potássio - KNO₃ (0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0%), e Stimulate® (0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50%). Este último, trata-se de um bioestimulante comercial constituído por 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico.

Como nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) não existem recomendações para realização do teste de germinação para sementes de *P. angulata* L., adotou-se para esta pesquisa as indicadas para *P. pubescens* L. Cada promotor químico foi utilizado separadamente, constituindo-se em três experimentos, cujas variáveis analisadas foram as seguintes:

Germinação - quatro repetições de 25 sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel germitest acondicionadas em placas de Petri (90 mm de diâmetro x 15 mm de altura). O substrato foi umedecido com água destilada (testemunha) e com as doses pré-estabelecidas, dos promotores químicos, na quantidade de 2,5 vezes do peso do papel seco. Para evitar o ressecamento do papel, as placas foram revestidas com filmes de pvc e acondicionadas em sacos plásticos transparentes. Em seguida, foram colocadas para germinar à temperatura constante de 35 °C e ausência de luz. Sempre que necessário, o substrato foi reumedecido com água destilada. As avaliações foram realizadas aos 28 dias após o semeio, adotando-se como critério a protrusão da raiz primária (Marcos-Filho, 2015), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação – determinada juntamente com o teste de germinação, realizando-se aos sete dias após o semeio a contagem das sementes germinadas

(Brasil, 2009), adotando-se o critério da raiz primária (Marcos-Filho, 2015), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Índice de velocidade de germinação (IVG) - realizado simultaneamente ao teste de germinação, a partir de contagens diárias, e no mesmo horário, de sementes germinadas, durante 28 dias, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962), onde $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$, sendo IVG= índice de velocidade de germinação; G1, G2 e Gn = número de plântulas normais computadas na primeira, segunda e última contagens; N1, N2 e Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagens.

Emergência de plântulas - quatro repetições de 50 sementes por tratamento foram semeadas em recipientes de plástico (13 x 10 x 5 cm) contendo areia esterilizada (três horas em estufa a 150 °C) e umedecida com água destilada (testemunha) e as referidas concentrações de cada promotor químico. A areia foi, inicialmente, umedecida a 60% da sua capacidade de retenção. Os recipientes foram mantidos em ambiente sob luz natural, livre de insolação direta e sem controle da temperatura e da umidade relativa do ar. Sempre que necessário, o substrato foi reumedecido com água destilada. As avaliações ocorreram aos 15 dias após o semeio, avaliando-se o número de plântulas emergidas, com os valores expressos em porcentagem.

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado. Preliminarmente, testou-se a normalidade e a igualdade de variâncias, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov ($P < 0,01$) e Bartlett ($P < 0,01$), respectivamente. Realizou-se em seguida análise de variância de regressão polinomial ($P < 0,05$) linear e quadrática. Considerou-se o modelo de regressão com maior valor de coeficiente de determinação (mínimo de 60%). O *software* utilizado foi o Sigma Plot 11[®].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das variáveis analisadas, após o tratamento pré-germinativo de sementes de *P. angulata* L. com concentrações crescentes de ácido giberélico, estão apresentados na figura 1

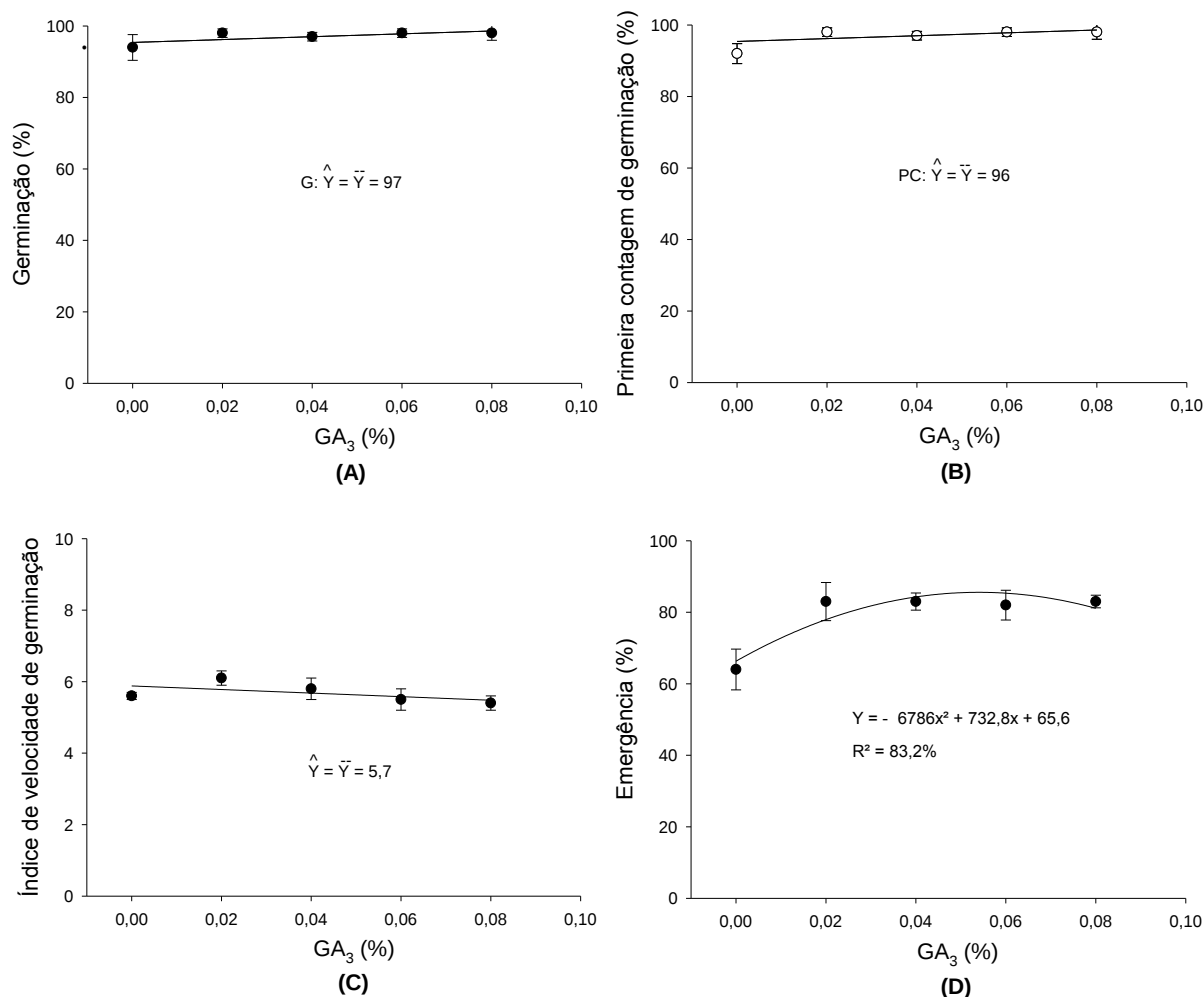


Figura 1. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e emergência de plântulas (D) de *Physalis angulata* L. em função do tratamento pré-germinativo de sementes com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃).

Houve ajuste significativo de regressão somente para a emergência das plântulas, com incrementos até a concentração de 0,04%. havendo em seguida tendência de estabilização com ponto de máximo sob 0,06%, possibilitando o ajuste de um modelo quadrático ($F = 5,60$; $P = 0,036$) (Figura 1D). Constata-se, que o GA₃ possibilitou um aumento próximo de 20%, de

plântulas emergidas, em relação ao tratamento testemunha. As Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) recomendam concentrações de GA₃ entre 0,02 e 0,1% conforme o grau de dormência da semente. No caso da *P. angulata* L., evidenciou-se que para a emergência das plântulas a concentração 0,06% de GA₃ é a mais adequada, havendo poucos incrementos sob concentrações maiores.

Para a maioria das concentrações de GA₃ testadas, a emergência de plântulas foi próxima de 80%, compatível com os valores obtidos para diferentes espécies do gênero *Physalis*. Piva *et al.* (2013) obtiveram valores entre 53 e 95%, em sementes de *P. peruviana*, em diferentes combinações de substratos. No estudo de Sbrussi *et al.* (2014), também com *P. peruviana* L., a emergência de plântulas em areia variou entre 67 e 81%. Por outro lado, Lanna *et al.* (2013) obtiveram para *P. angulata* L. e *P. peruviana* L. valores entre 92 e 100% de emergência, em substrato constituído por composto orgânico e húmus. Todavia, nenhum dos autores citados realizou o tratamento das sementes com promotores químicos.

Quanto às demais variáveis analisadas, observou-se que a germinação ocorreu predominantemente nos primeiros sete dias (primeira contagem de germinação) após o início dos experimentos, havendo poucas sementes germinadas após este período. Tanto para a germinação quanto para a primeira contagem de germinação, os valores foram elevados com médias sempre acima de 90%, mesmo no tratamento testemunha, evidenciando o elevado vigor natural das sementes.

Em geral, os percentuais de germinação e primeira contagem de germinação estão consistentes com outros estudos sobre *P. angulata* L. (Sousa *et al.*, 2011; Lanna *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2014). Ressalta-se que os autores citados também não realizaram o tratamento das sementes com promotores químicos, evidenciando que mesmo a *P. angulata* L. sendo uma planta silvestre suas sementes podem expressar elevado potencial fisiológico.

Esperava-se elevada velocidade de germinação, uma vez que as giberelinas estão entre os principais fitormônios promotores da divisão e expansão celular (Taiz e Zeiger, 2013). Entretanto, os valores obtidos para o índice de velocidade de germinação (IVG), em média, foram ligeiramente menores do que os obtidos em outros estudos. Lanna *et al.* (2013) obtiveram para *P. peruviana* L. e *P. angulata* L. valores de IVG entre 6,2 e 6,3, respectivamente. Assim como, Sousa *et al.* (2011) obtiveram para *P. angulata* L. valor médio de IVG igual a 6,5. No presente estudo, o aumento nas concentrações de GA₃, tenderam a causar diminuição na velocidade de germinação. Ressalta-se, porém, que a carência de padronização metodológica entre a maioria dos estudos sobre germinação de sementes de *P. angulata* L. é fator limitante para se realizar uma análise comparativa criteriosa.

O alto controle ambiental (temperatura, luminosidade e umidade do substrato) exercido no teste de germinação tenha contribuído para que as sementes expressassem o máximo de germinação e vigor, conforme explicado por Marcos-Filho (2015), tornando o uso do GA₃ pouco efetivo. Por outro lado, no teste de emergência, realizado sob menor controle ambiental (oscilações diárias de temperatura e luminosidade), o uso do GA₃ contribuiu para o aumento nos percentuais de emergência de plântulas, atenuando o efeito ambiental menos favorável, em relação ao teste de germinação.

Estudos evidenciam que a resposta fisiológica de sementes ao uso exógeno de GA₃ está associada a fatores ambientais, como luz e temperatura, variando de acordo com a espécie. No estudo de Guimarães *et al.* (2010b), observou-se que o GA₃ contribuiu para o aumento da germinação de sementes de alpínea (*Thlaspi caerulescens* Presl. e Presl.) somente na presença de luz e temperaturas entre 15 e 20 °C. Leite e Hebling (2007) observaram que a germinação *in vitro* de sementes de orquídea (*Cattleya warneri* Moore), com uso de GA₃, ocorreu predominantemente no escuro.

Ressalta-se que, apesar do efeito benéfico do GA₃, relatado por muitos autores (Lopes e Souza, 2008; Prado Neto *et al.*, 2007*et al.*), nem sempre tem sido constatado efetividade desse promotor químico sobre a germinação. Assim como para *P. angulata* L., Sousa *et al.* (2002) também não observaram incrementos na porcentagem e velocidade de germinação de sementes de diferentes espécies de citros. Renner *et al.* (2007), igualmente não constataram aumentos na germinação de sementes de ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata* Spreng.).

Conforme explicado por Sousa *et al.* (2002), quando a concentração endógena de giberelinas nas sementes está em níveis adequados para realização das atividades fisiológicas, o tratamento com GA₃ pode ser ineficaz. Em algumas espécies, o uso do GA₃ pode até mesmo afetar negativamente a germinação e o vigor das sementes. Silva *et al.* (2009) observaram significativa redução na germinação e emergência de plântulas em areia, após o uso de GA₃ em sementes de castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.).

Quanto ao tratamento das sementes de *P. angulata* L. com KNO_3 , os valores médios das variáveis analisadas estão representados na figura 2.

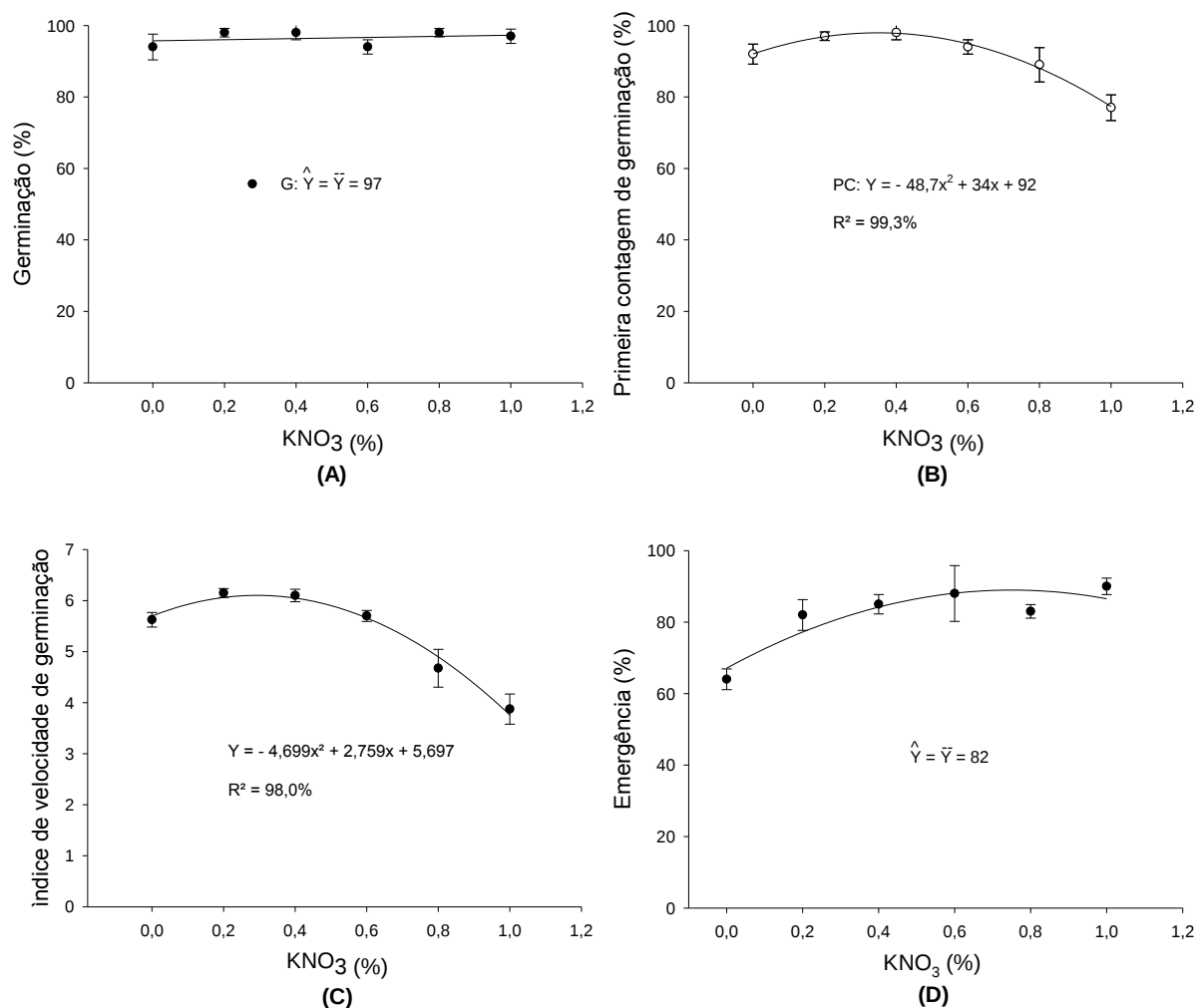


Figura 2. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e emergência de plântulas (D) de *Physalis angulata* L., em função do tratamento pré-germinativo de sementes com diferentes concentrações de nitrato de potássio (KNO_3).

Assim como no tratamento com GA_3 , o uso do KNO_3 foi efetivo apenas quanto ao vigor das sementes, estimulando maior rapidez de germinação. Houve ajuste significativo de regressão para a primeira contagem de germinação ($F = 19,18$; $P = 0,000$) e índice de velocidade de germinação ($F = 45,17$; $P = 0,000$), ajustando-se para ambas as variáveis um modelo quadrático.

Tanto para a primeira contagem quanto para o índice de velocidade de germinação, concentrações de KNO_3 acima de 0,4% tenderam a causar decréscimos nos valores dessas variáveis. Comumente a concentração de 0,2% de KNO_3 é a mais utilizada no tratamento de sementes, porém concentrações próximas de até 1,0% também costumam ser utilizadas, dependendo da condição fisiológica da semente (Brasil, 2009; Marcos-Filho, 2015). Conforme Marcos-Filho (2015), a efetividade do KNO_3 como promotor químico está associado à redução desse composto à forma de nitrito, no interior das células, atuando como receptor de elétrons, favorecendo o ciclo da pentose fosfato. Para a *P. angulata* L., é possível que concentrações de KNO_3 acima de 0,4% causem saturação de nitrogênio nítrico nas células vegetais.

Em outros estudos, como no de Santos *et al.* (2011), também observou-se efetividade do KNO_3 somente sobre o vigor de sementes de braquiária (*Brachiaria brizantha* Hochst.). Carvalho e Nakagawa (2012) explicam que o efeito benéfico do KNO_3 sobre a germinação ocorre principalmente em sementes na qual há restrição à entrada de oxigênio (O_2), em especial quando há presença de substâncias retentoras de O_2 , tanto no tegumento quanto no embrião. Uma vez superada a limitação de O_2 , o processo germinativo tende a ocorrer normalmente.

Embora para a emergência de plântulas não tenha havido ajuste significativo de regressão, observa-se que o tratamento das sementes com KNO_3 promoveu incrementos próximos de 20% em relação à testemunha. Logo, para fins agrícolas, o tratamento de sementes de *P. angulata* L. com KNO_3 pode ser uma alternativa para aumentar a emergência das plântulas dessa espécie.

Ressalta-se que a resposta fisiológica da semente ao KNO_3 pode variar grandemente em função da espécie, inclusive dentro de um mesmo gênero botânico ou mesmo entre cultivares de uma mesma espécie (Faron *et al.*, 2004; Binotti *et al.*, 2014), dificultando a compreensão

plena da ação desse promotor químico. Além disso, similarmente à GA_3 , a ação do KNO_3 sobre a fisiologia da semente também é influenciada por fatores abióticos externos, principalmente luz e temperatura, além do tempo de armazenamento da semente (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Quanto ao Stimulate, os valores médios das variáveis estão representados na figura 3.

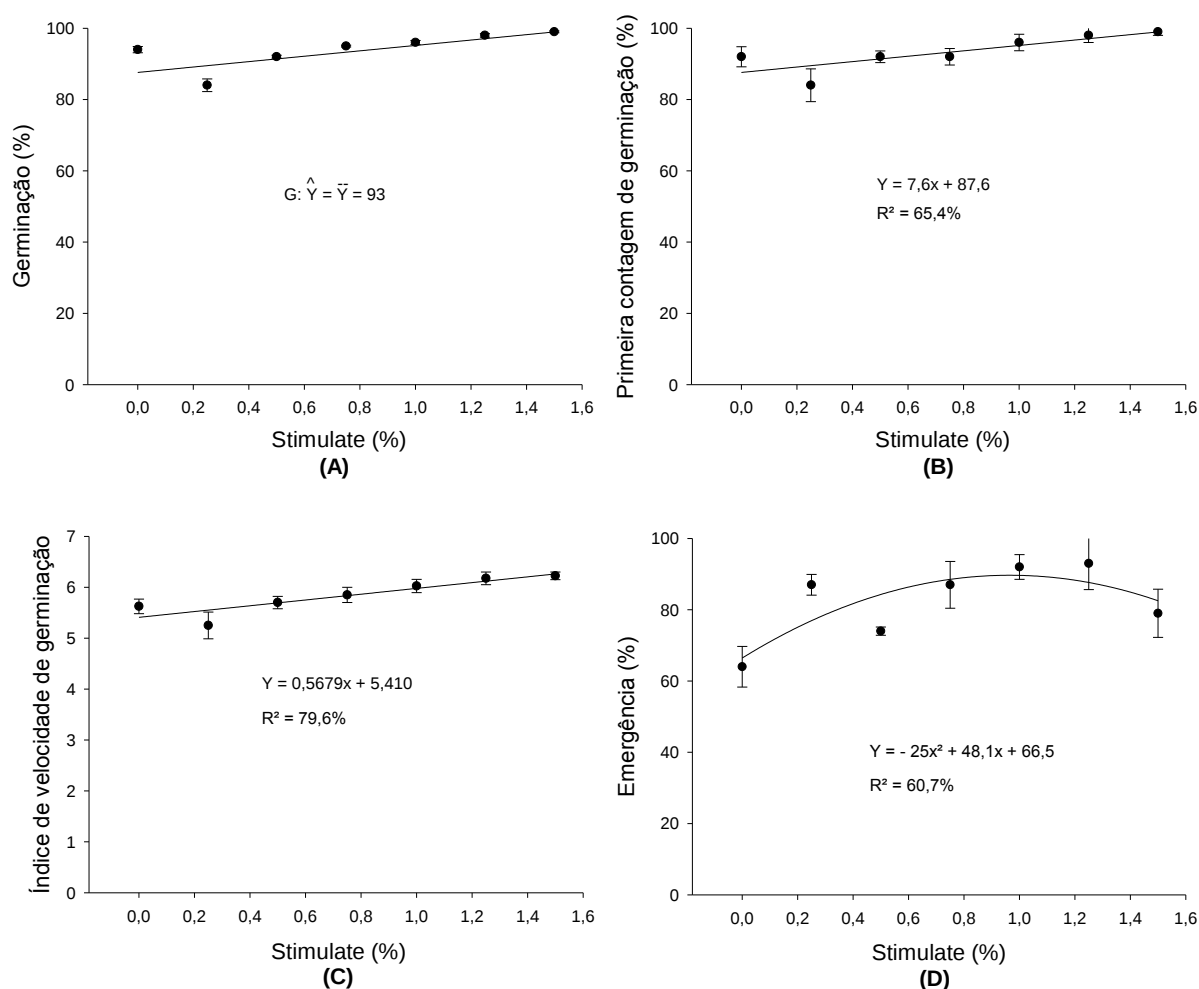


Figura 3. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e emergência de plântulas (D) de *Physalis angulata* L., em função do tratamento pré-germinativo de sementes com diferentes concentrações de Stimulate®.

Assim como os demais promotores químicos avaliados, o Stimulate expressou maior vigor das sementes de *P. angulata* L. Todavia, foi mais eficiente do que os demais

promotores, influenciando um maior número de variáveis. Para a primeira contagem de germinação ($F = 13,30$; $P = 0,001$) e índice de velocidade de germinação ($F = 22,86$; $P = 0,000$), houve sempre incrementos regulares em função da concentração de Stimulate, possibilitando o ajuste de um modelo linear. Para a emergência de plântulas, houve uma tendência de estabilização sob a concentração de 0,8%, com ponto de máximo a 1,0%, ajustando-se um modelo quadrático ($F = 5,96$; $P = 0,025$).

A maior resposta fisiológica das sementes de *P. angulata* L. ao Stimulate do que aos demais promotores químicos avaliados, era um resultado esperado. No Stimulate, além do ácido giberélico, também há em sua composição o ácido indolbutírico e a cinetina, que são fitorreguladores com ação similar aos hormônios do grupo das auxinas e citocininas, respectivamente. As auxinas e citocininas estão entre as principais substâncias associadas à permeabilidade, divisão e alongamento de células vegetais (Taiz e Zeiger, 2013).

Assim como para a *P. angulata* L., Mortele *et al.* (2011) também obtiveram aumentos na velocidade de germinação de sementes de soja (*Glycine max* Linneu) tratadas com Stimulate, contudo sem obter porcentual significativo de sementes germinadas. Resultados semelhantes ao de Mortele *et al.* (2011) foram obtidos por Prado Neto *et al.* (2007) e Soares *et al.* (2012), para sementes de jenipapeiro (*Genipa americana* Linneu) e alface (*Lactuca sativa* Linneu), respectivamente. Todavia, em estudos com girassol (*Helianthus annuus* Linneu) (Santos *et al.*, 2013a) e melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) (Silva *et al.*, 2014), o Stimulate favoreceu tanto a germinação quanto o vigor de sementes, inclusive a emergência das plântulas.

De acordo com Mortele *et al.* (2011), a ação dos bioestimulantes vegetais não depende somente da composição química e da concentração, mas também de outros fatores como a superfície de contato da semente, a sensibilidade do tecido vegetal tratado e a interação com fatores abióticos, principalmente luz e temperatura. O Stimulate é mais efetivo em situações

em que o equilíbrio hormonal no interior da semente é desfavorável aos mecanismos fisiológicos associados à germinação. Por outro lado, quando o desequilíbrio hormonal é pouco acentuado ou inexistente, a ação do Stimulate sobre a qualidade fisiológica das sementes é pouca efetiva.

Em geral, observou-se que a *P. angulata*, mesmo sendo uma espécie silvestre, sob condições ambientais adequadas durante a germinação das sementes, estas tendem a expressar naturalmente elevada germinação. Todavia, os três promotores químicos avaliados foram efetivos em aumentar a expressão do vigor das sementes. É possível que sob as condições de campo, onde os fatores ambientais comumente são mais adversos, os promotores químicos sejam ainda mais efetivos do que foram no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

Os tratamentos pré-germinativo com GA₃, KNO₃ e Stimulate estimulam maior expressão do vigor de sementes de *P. angulata* L.

As concentrações de 0,04% de GA₃, 0,4% de KNO₃ e 1,0% de Stimulate são as mais eficientes para o tratamento pré-germinativo de sementes de *P. angulata* L.

5. REFERÊNCIAS

BINOTTI, F. F. S.; SUEDA JUNIOR, C. I.; CARDOSO, E. D.; HAGA, K.; NOGUEIRA, D. C. Tratamentos pré-germinativos em sementes de brachiaria. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 614-618, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, T. C.; D'ANGELO, J. W. O.; SCARIOT, G. N.; SAES JÚNIOR, L. A.; CUQUEL, F. L. 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.

CABI (Commonwealth Agricultural Bureaux Internacional). **Invasive species compendium** (2013). Disponível em: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/40711>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

FARON, M. L. B.; PERECIN, M. B.; LAGO, A. A.; BOVI, O. A.; MAIA, N. B. Temperatura, nitrato de potássio e fotoperíodo na germinação de sementes de *Hypericum perforatum* L e *H. Brasiliense* Choisy. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 193-199, 2004.

GUERRA, M. P.; RODRIGUES, M. A. Giberelinas. In: KERBAUY, G. B (Org.). **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

GUIMARÃES, E. T.; LIMA, M. S.; SANTOS, L. A.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. B. C.; SANTOS, R. R. S. WASHINGTON L. C.; SOARES, M. B. P. Effects of seco-steroids purified from *Physalis angulata* L., Solanaceae, on the viability of Leishmania sp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 945-949, 2010.

GUIMARÃES, M. A.; VIDIGAL, D. S., LOUREIRO, M. E.; DIAS, D. C. F. S., GUIMARÃES, A. R. Influência de temperatura, luz e giberelina na germinação de sementes de *Thlaspi caerulescens* J. Presl & C. Presl (Brassicaceae). **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 372-376, 2010.

FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Planta tem ação antiinflamatória em peles sensíveis** (2012). Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

LANNA, N. B. L.; VIEIRA JÚNIOR, J. O. L.; PEREIRA, R. C.; SILVA, F. L. A.; CARVALHO, C. M. Germinação de *Physalis angulata* e *P. Peruviana* em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 3, p. 75-82, 2013.

LEITE, V. C. A.; HEBLING, S. A. Efeito do ácido giberélico (GA₃) e da luz na germinação *in vitro* de sementes de *Cattleya warnerii* T. Moore. **Natureza On Line**, v. 5, n. 2, p. 55-62, 2007.

LOPES H. M.; SOUZA, C. M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes *Carica papaya* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 181-189, 2008.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MORTELE, L. M.; SANTOS, R. F.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; BONATO, C. M.; CONRADO, T. Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.

OLIVEIRA, J. A. R.; MARTINS, L. H. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; PENA, R. S.; CARVALHO, A. V. Caracterização Física, Físico-Química e Potencial Tecnológico de Frutos de Camapu (*Physalis Angulata* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, p. 573-583, 2011.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, A. C.; PEREIRA, D. M. S.; LUCCHESI, A. M.; SANTANA, J. R. R. Estabelecimento *in vitro* e crescimento inicial de *Physalis angulata* (Solanaceae). **Sitientibus: série Ciências Biológicas**, 2013. DOI: <http://dxdoi.org/10.13102/scb13>.

PIVA, A. L.; MEZZALANA, E. J.; SANTIN, A.; SCHWANTES, D.; KLEIN, J.; VILLA, F.; TSUTSUMI, Y.; NAVA, G. A. Emergence and initial development of Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) seedlings with different substrate compositions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 49, p. 6579-6584, 2013.

PRADO NETO, M.; DANTAS, A. C. V. L.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

RENNER, G. D. R.; CAMACHO, F.; PEIXE, S. Ação da temperatura, ácido giberélico e luz na germinação de sementes de fáfia – *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 349-354, 2007.

SANTOS, C. A. C.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; CARVALHO, E. V.; PEIXOTO, V. A. B. Estimula na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 605-616, 2013a.

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 400-407, 2013b.

SANTOS, J. A. A.; TOMASSINI, T. C. B.; XAVIER, D. C. D.; RIBEIRO, I. M.; SILVA, M. T. G.; MORAIS FILHO, Z. B. Molluscicidal activity of *Physalis angulata* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) under laboratory conditions. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 3, p. 425-428, 2003.

SANTOS, L. D. C.; BENNETT, C. G. S.; SILVA, K. S.; SILVA, L. V. Germinação de diferentes tipos de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 420-426, 2011.

SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; SILVA, V. A. B. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.

SILVA, A. N.; COELHO, M. F. B.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Germinação de sementes de Castanheira-do-Pará armazenadas em areia úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1431-1436, 2009.

SILVA, M. J. R.; BOLFARINI, A. C. B.; RODRIGUES, L. F. O. S.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Formação de mudas de melancia em função de diferentes concentrações e formas de aplicação de mistura de reguladores vegetais. **Scientia Plena**, v. 10, n. 10, 2014.

SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; TRANI, P. E.; MARTINS, A. L. M. Efeito da pré-embebição em solução bioestimulante sobre a germinação e vigor de sementes de *Lactuca sativa* L. **Biotemas**, v. 25, n. 2, p. 17-23, 2012.

SOARES, M. B. P.; BELLINTANI, M. C.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. C. B.; SANTOS, R. R. Inhibition of macrophage activation and lipopolysaccharide induced death by seco-steroids purified from *Physalis angulata* L. **European Journal of Pharmacology**, v. 459, p. 107-112, 2003.

SOUSA, H. U.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; FERREIRA, E. A. Efeito do ácido giberélico sobre a germinação de sementes de porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 496-499, 2002.

SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M.; BARROSO, N. S.; PELACANI, C. R. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153-156, 2014.

SOUZA, M. O.; SOUZA, M. L. C.; PELACINI, C. R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 105-112. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820p.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

CAPÍTULO IV

MATURIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L.

RESUMO

A determinação da maturidade fisiológica em sementes possibilita prever o momento mais adequado de sua colheita, visando a produção de sementes com elevado potencial fisiológico. A espécie *Physalis angulata* L., em função de suas propriedades medicinais, possui elevado potencial farmacológico e agroindustrial, todavia ainda há carência de informações quanto à sua fenologia reprodutiva. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a maturidade fisiológica de sementes de *P. angulata* L., determinando-se o momento adequado para colheita de suas sementes. Para isso, frutos foram colhidos aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a antese (DAA) e submetidos às seguintes avaliações: massa e diâmetro dos frutos, teor de água das sementes, massa seca de 100 sementes, peso de mil sementes, condutividade elétrica, germinação, primeira contagem de germinação e emergência, massa seca e comprimento de plântulas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Houve incrementos na massa e diâmetro de frutos até aos 35 DAA. Incrementos de massa seca de sementes ocorreram até aos 21 DAA, estabilizando-se em seguida. Assim como, as sementes expressaram viabilidade a partir dos 21 DAA. O maior potencial fisiológico das sementes ocorreu aos 35 DAA, com maior porcentual de germinação (97%). Os resultados permitem concluir que sementes de *P. angulata* L. se tornam fisiologicamente viáveis a partir de 21 DAA, com maior potencial fisiológico aos 35 DAA. Todavia, em função da senescência dos frutos, recomenda-se realizar a colheita por volta dos 28 DAA.

Palavras-chave: antese, colheita, germinação, potencial fisiológico.

PHYSIOLOGICAL MATURITY IN SEEDS OF *Physalis angulata* L.

ABSTRACT

The determination of physiological maturity in seed allows to predict the best time to harvest, aiming at the producing of seeds with high physiological potential. Because of its medicinal properties, the *Physalis angulata* L. species L. has high pharmacological and agroindustrial potential. However, there is still lack of information about their reproductive phenology. In this sense, the objective was to evaluate the physiological maturation of *P. angulata* seeds by determining the right time to harvest the seeds. For this, fruits were harvested at 7, 14, 21, 28 and 35 days after anthesis (DAA) and subjected to the following evaluations: weight and fruit diameter, water content of the seeds, dry weight of 100 seeds, weight of thousand seeds, electric conductivity, germination, first count of germination and emerging, dry mass and length of seedlings. The experimental design was completely randomized. There were increases in mass and fruit diameter until 35 DAA. Dry matter increments seeds occurred up to 21 DAA. The highest physiological potential of seeds occurred at 35 DAA with the highest germination percentage (97%). The results showed that *P. angulata* seeds become physiologically viable from 21 DAA, with highest physiological potential to 35 DAA. However, due to the senescence of the fruits, it is recommended to harvest at about 28 DAA.

Keywords: anthesis, harvest, germination, physiological potential.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Physalis angulata* L. embora possa ser propagada assexuadamente (Oliveira *et al.*, 2015), sua principal forma de multiplicação é por meio de sementes (CABI, 2013). Para qualquer espécie vegetal, a multiplicação por sementes requer que estas preferencialmente tenham atingido o estágio de maturidade fisiológica (Pereira *et al.*, 2014).

De acordo com Marcos-Filho (2015), a maturação da semente envolve um conjunto de eventos, geneticamente regulados, que se inicia após a fecundação do óvulo e culmina na formação da semente fisiologicamente madura. Ainda, segundo o referido autor, durante a maturação, sob a ação hormonal, ocorre divisão, expansão e diferenciação celular, iniciando a formação das partes constituintes do embrião e estruturas básicas da semente.

Conforme explicam Carvalho e Nakagawa (2012), a digestão de tecidos, juntamente com a transferência de reservas da planta-mãe para a semente, resulta em acúmulo de matéria seca, ocorrendo simultaneamente à desidratação. A maturidade é então alcançada após a semente se tornar fisiologicamente independente da planta-mãe.

O ponto de maturidade fisiológica é a ocasião em que a semente expressa o seu máximo potencial fisiológico, representado pelo máximo vigor e germinação, normalmente coincidindo com máximo acúmulo de matéria seca (Carvalho e Nakagawa, 2012; Marcos-Filho, 2015). De acordo com Bewley e Black (1994), sob o ponto de vista tecnológico, informações sobre a maturidade fisiológica possibilitam prever o ponto ideal de colheita, visando a produção de sementes com alto padrão de qualidade.

Existem muitas pesquisas sobre a maturação de sementes de espécies cultivadas (Nakada *et al.*, 2011; Figueiredo Neto *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2014), havendo alguns estudos sobre espécies do gênero *Physalis* (Sbrussi *et al.*, 2014; Barroso, 2015). Entretanto, especificamente para *P. angulata* L., ainda há carência de informações sobre esse tema (Carvalho *et al.*, 2014). Neste sentido, objetivou-se avaliar a maturidade fisiológica de

sementes de *P. angulata* L., determinando-se o momento mais adequado para colheita de suas sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Castanhal, PA (1°17'49"S, 47°55'19"W e altitude de 41 m). O clima do município é o megatérmico úmido, do tipo Ami pela classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica anual varia entre 2.000 e 2.500 mm, com temperatura média anual entre 24 e 27 °C, e umidade relativa do ar entre 78 e 90% (Coelho *et al.*, 2003).

As mudas de *P. angulata* L. foram produzidas em ambiente de telado, em bandejas de isopor (poliestireno), com 128 células, contendo turfa enriquecida com nutrientes essenciais (Tabela 1). Para isso, utilizou-se sementes provenientes de frutos maduros, colhidos de plantas (10 matrizes) existentes espontaneamente no campus do IFPA. Semeou-se de três a cinco sementes por célula, com o desbaste realizado aos quinze dias após o semeio, mantendo-se uma plântula por célula, irrigando-se diariamente.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do substrato utilizado para produção das mudas de camapu (*Physalis angulata* L.).

pH	CE	Ds	U	CRA	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Calc.
	(mS/cm)	(kg/m ³)	------(%)-----					
5,8	0,7	260	55	60	0,04	0,04	0,05	1,5

pH: potencial de hidrogênio; CE: condutividade elétrica; Ds: densidade em base seca; U: umidade; CRA: capacidade de retenção de água; N: nitrogênio; P₂O₅: fosfato; K₂O: potássio; Calc.: calcário calcítico.

O transplântio das mudas para o campo foi realizado manualmente aos 27 dias após o desbaste, quando as plantas estavam em média com 7cm de altura e com três a seis folhas definitivas. As mudas foram plantadas em canteiros de alvenaria (0,3 m de altura x 0,5m de

largura x 10 m de comprimento), utilizando-se o espaçamento de 0,5m entre plantas, totalizando dois canteiros com 20 plantas cada um. Os atributos químicos e físicos do solo estão descritos na tabela 2.

Tabela 2. Atributos químicos e físicos do solo (0-20 cm) utilizado para o plantio de mudas de camapu (*Physalis angulata* L.).

Areia	Silte	Argila	pH _{água}	P	K	Na	Ca	Mg	Al
----- (g/kg) -----				----- (mg/dm ³) -----	-----	-----	---- (cmol _c /dm ³) ----	----	----
352	266	30	6,6	931	101	53	9,7	2,7	0,0

pH: potencial de hidrogênio, P: fósforo, K: potássio, Na: sódio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, Al: alumínio

Aos 10 dias após o transplantio, constatou-se visualmente sintomas iniciais de deficiência nutricional nas plantas. Em função disso, realizou-se a adubação foliar com solução comercial de nutrientes essenciais (Tabela 3). Foram realizadas duas pulverizações com intervalos de sete dias. Os tratos culturais realizados ao longo do cultivo foram capina manual e irrigação. Esta foi realizada por meio de um sistema de aspersão alternativo (fita de polietileno microperfurada a laser).

Tabela 3. Atributos químicos e físicos do fertilizante foliar utilizado nas plantas de camapu (*Physalis angulata* L.).

pH	CE	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	(mS/cm)	----- (% x 10 ⁻³) -----											
2	150	75	50	50	10	10	3	0,6	0,5	3	0,7	0,5	1,5

pH: potencial de hidrogênio, CE: condutividade elétrica, N: nitrogênio, P₂O₅: fosfato, K₂O: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, S: enxofre, B: boro, Cu: cobre, Fe: ferro, Mn: manganês, Mo: molibidênio, Zn: zinco.

Quarenta dias após o transplantio, observou-se abundante floração e, com isso, iniciou-se a etiquetagem das flores após a antese. Os frutos foram colhidos manualmente aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a antese (DAA) e levados ao Laboratório de Análise de Sementes, onde

foram selecionados, descartando-se os visivelmente atacados por pragas, doenças ou fermentados. Para cada coleta, foram realizadas as seguintes avaliações:

Diâmetro e massa fresca de frutos - o diâmetro foi medido com um paquímetro digital (0,01 mm), em três repetições de 10 frutos (desprovidos de cálice), e os resultados expressos em milímetros (mm). Em seguida, a massa dos frutos foi pesada em balança de precisão (0,0001 g), e os resultados expressos em gramas (g).

Teor de água das sementes – determinou-se pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas (Brasil, 2009), em duas repetições, e os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

Massa seca de 100 sementes: quantificada em duas repetições de 100 sementes, com uso de balança de precisão (0,0001 g), após secagem em estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas e os resultados expressos em miligramas (mg).

Peso de mil sementes - realizado em oito repetições de 100 sementes, com uso de balança de precisão (0,0001g), conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), e os resultados expressos em mg.

Germinação - foram semeadas quatro repetições de 25 sementes sobre duas folhas de filtro acondicionadas em placas de Petri (90 mm de diâmetro x 15 mm de altura) e umedecidas com solução de nitrato de potássio (KNO_3) a 0,2%, na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Para evitar o ressecamento do substrato, as placas foram revestidas com filmes de pvc e acondicionadas em saco de plástico transparente. Em seguida, foram levadas à câmara de germinação, à temperatura constante de 35 °C e ausência de luz, conforme ensaios preliminares (capítulo 2). Sempre que necessário, o substrato era reumedecido com água destilada. As avaliações foram realizadas aos 28 dias após o semeio, tendo como indicação a espécie do mesmo gênero, *P. pubescens* L. presente nas Regras para Análise de Sementes

(Brasil, 2009), e o critério adotado foi o da protrusão da raiz primária (Marcos-Filho, 2015), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação – determinada juntamente com o teste de germinação, realizando-se aos sete dias após o semeio a contagem das sementes germinadas (Brasil, 2009), adotando-se o critério da raiz primária (Marcos-Filho, 2015), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Condutividade elétrica - quatro repetições de 50 sementes foram imersas em 25 mL de água destilada e mantidas em câmara de germinação por 24 h, a 25 °C, conforme Pereira *et al.* (2014). Após esse período, os valores de condutividade foram obtidos com uso de condutivímetro de bancada e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Emergência de plântulas - quantificado nos tratamentos em que ocorreu germinação das sementes. Foram semeadas quatro repetições de 50 sementes em areia previamente peneirada (malha da peneira = 1mm) e esterilizada a 150 °C, em estufa de circulação forçada de ar, por três horas, e umedecida com solução de KNO_3 a 0,2%. Em seguida, manteve-se em ambiente de iluminação natural, livre de insolação direta e sem controle de temperatura. Sempre quando necessário, o substrato era reumedecido com água destilada. Aos 15 dias após o semeio as plântulas emergidas foram contadas e os resultados expressos em porcentagem.

Comprimento da parte aérea das plântulas – quantificado nas plântulas provenientes do teste de emergência. O comprimento foi medido a partir da extremidade da radícula até a inserção dos cotilédones, com uso de régua milimetrada, expressando-se os resultados em cm.

Massa seca da parte aérea das plântulas - quantificado nas plântulas provenientes do teste de emergência. As plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas, sendo determinado em balança analítica de precisão (0,0001 g).

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado. Preliminarmente, testou-se a normalidade e a igualdade de variâncias, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov ($P < 0,01$) e Bartlett ($P < 0,01$), respectivamente. Realizou-se em seguida análise de variância de regressão polinomial ($P < 0,05$) linear e quadrática. Considerou-se o modelo de regressão com maior valor de coeficiente de determinação (mínimo de 60%). O *software* utilizado foi o Sigma Plot 11[®].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de massa fresca de frutos, diâmetro de frutos, massa seca de 100 sementes, peso de mil sementes e teor de água das sementes estão representados na figura 1.

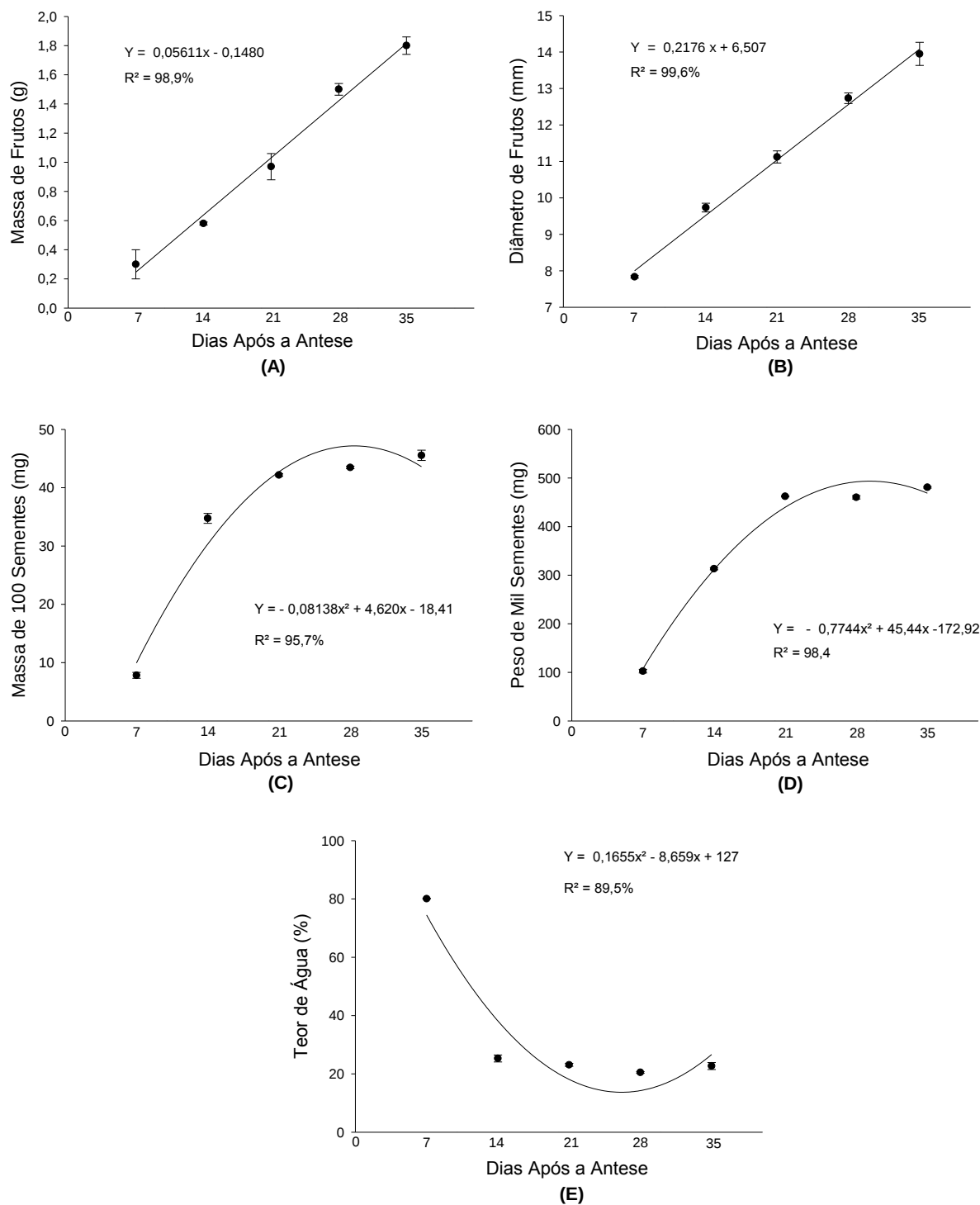


Figura 1. Massa fresca de frutos (A), diâmetro de frutos (B), massa de 100 sementes (C), peso de mil sementes (D) e teor de água das sementes (E) de camapu (*Physalis angulata* L.) em função dos dias após a antese.

Houve incrementos regulares na massa fresca (MF) e diâmetro de frutos (DF) durante todo o período de avaliação, mesmo próximos da senescência (entre 28 e 35 DAA), o que possibilitou o ajuste de um modelo linear para ambas as variáveis (MF: $F = 462,8$; $P = 0,000$; DF: $F = 666,4$; $P = 0,000$) (Figura 1 A e B).

Não se observou nos frutos de *P. angulata* L. a fase de crescimento acelerado, correspondente ao estágio de intensa divisão e expansão celulares que precede o estágio de amadurecimento (Figueiredo Neto *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2014). Em geral, tanto a massa quanto o diâmetro de frutos foram inferiores aos valores médios obtidos por Oliveira *et al.* (2011) (4,3 g e 18,6 mm), em frutos de *P. angulata* L., no nordeste paraense. Foram também inferiores aos valores obtidos em outras espécies do gênero *Physalis*, como a *P. peruviana* L. (Lima *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013; Sbrussi *et al.*, 2014) e *P. ixocarpa* L. (Barroso, 2015).

Quanto à massa seca de 100 sementes, houve incrementos significativos até aos 21 DAA, havendo em seguida uma tendência de estabilização, ajustando-se um modelo quadrático de regressão ($F = 167,4$; $P = 0,000$), com ponto de máximo aos 28 DAA (Figura 1C). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a massa seca é a variável que melhor descreve a maturação das sementes. Estas atuam como dreno de produtos provenientes da fotossíntese, lipídios, proteínas e outros materiais, resultando em aumento no conteúdo de massa seca, até o momento em que cessa a translocação, da planta para a semente, indicando que esta alcançou a maturidade fisiológica (Marcos-Filho, 2015).

Para a *P. angulata* L., ficou evidenciado que a translocação de massa seca tende a cessar após 21 DAA. Todavia, Pereira *et al.* (2014) explicam que o máximo acúmulo de massa seca nem sempre coincide com o ponto de maturidade fisiológica, pois em momento posterior podem ocorrer ainda alterações bioquímicas e fisiológicas favoráveis ao potencial fisiológico da semente.

Os valores de massa seca de 100 sementes foram ligeiramente menores do que os obtidos por Souza *et al.* (2010) (50mg), ao avaliarem sementes de frutos maduros de *P. angulata* L. Enquanto que para a espécie *P. ixocarpa* L., a massa seca de sementes variou entre 2 e 10 mg semente⁻¹ (15 a 55 DAA) (Barroso, 2015). Ressalta-se que a massa seca da semente é comumente proporcional ao tamanho da semente, que no caso de *P. angulata* L. é pequena (~ 1,6 mm) (Souza *et al.*, 2010).

A variável peso de mil sementes teve um comportamento semelhante à massa de 100 sementes, ajustando-se igualmente um modelo quadrático de regressão ($F = 970,4$; $P = 0,000$) (Figura 1D). De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), o peso de mil sementes fornece uma noção do tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade, possibilitando estimar a densidade de semeio ou o número de sementes por embalagem. Entretanto, a referida variável é sempre influenciada pelo teor de água da semente (Brasil, 2009). No presente estudo o teor de água no peso de mil sementes variou entre 8,9 e 11,5%.

Os valores para o peso de mil sementes de *P. angulata* L. foram demasiadamente baixos (entre 0,1 e 0,5g). Para a espécie *P. peruviana* L., Sbrussi *et al.* (2014) também obtiveram valores pequenos, sempre em torno de 0,1g, durante toda a maturação das sementes. Ressalta-se que o teor de água das sementes pode variar grandemente de uma espécie para outra, sendo influenciado pelas condições de armazenamento (Marcos-Filho, 2015), consequentemente, influenciando os valores de peso de mil sementes. No estudo de Sbrussi *et al.* (2014) o teor de água foi de no máximo 12%.

O maior teor de água nas sementes foi registrado aos sete DAA, quando o conteúdo de massa seca foi mínimo. Em seguida, houve elevada redução nos valores dessa variável, até aos 14 DAA, e a partir deste momento houve uma tendência de estabilização, possibilitando o ajuste de um modelo de regressão quadrático ($F = 29,3$; $P = 0,002$) (Figura 1E). Carvalho e

Nakagawa (2012) explicam que o elevado teor de água, normalmente observado nos estádios iniciais da maturação, ocorre em função do fluxo constante de água da planta para a semente, pois esta requer abundante hidratação para translocar, sintetizar ou metabolizar os materiais de reserva. Ao longo da maturação, o teor de água vai sendo substituído pela matéria seca, ocorrendo a desidratação das sementes (Pereira *et al.*, 2014).

De acordo com Marcos Filho (2015), o teor de água nas sementes no início da maturação é normalmente acima de 80%. Nakada *et al.* (2011) constataram em sementes de pepino teores de água entre 70 e 30% (30 a 55 DAA). Para a abóbora, Figueiredo Neto *et al.* (2014) obtiveram percentuais entre 92 e 33% (15 a 60 DAA). Para a espécie *P. ixocarpa* L., Barroso (2015), registrou valores entre 90 e 54%, de 15 a 35 DAA. No caso da *P. angulata* L., como o amadurecimento dos frutos ocorre em curto intervalo de tempo (< 30 dias), é comum que a desidratação e a estabilização dos teores de água nas sementes ocorram rapidamente, uma vez que a transferência de matéria seca da planta-mãe para a semente também tende a ser rápida.

Quanto à condutividade elétrica, germinação, primeira contagem de germinação e emergência, comprimento e massa seca de plântulas, os valores estão representados na figura 2.

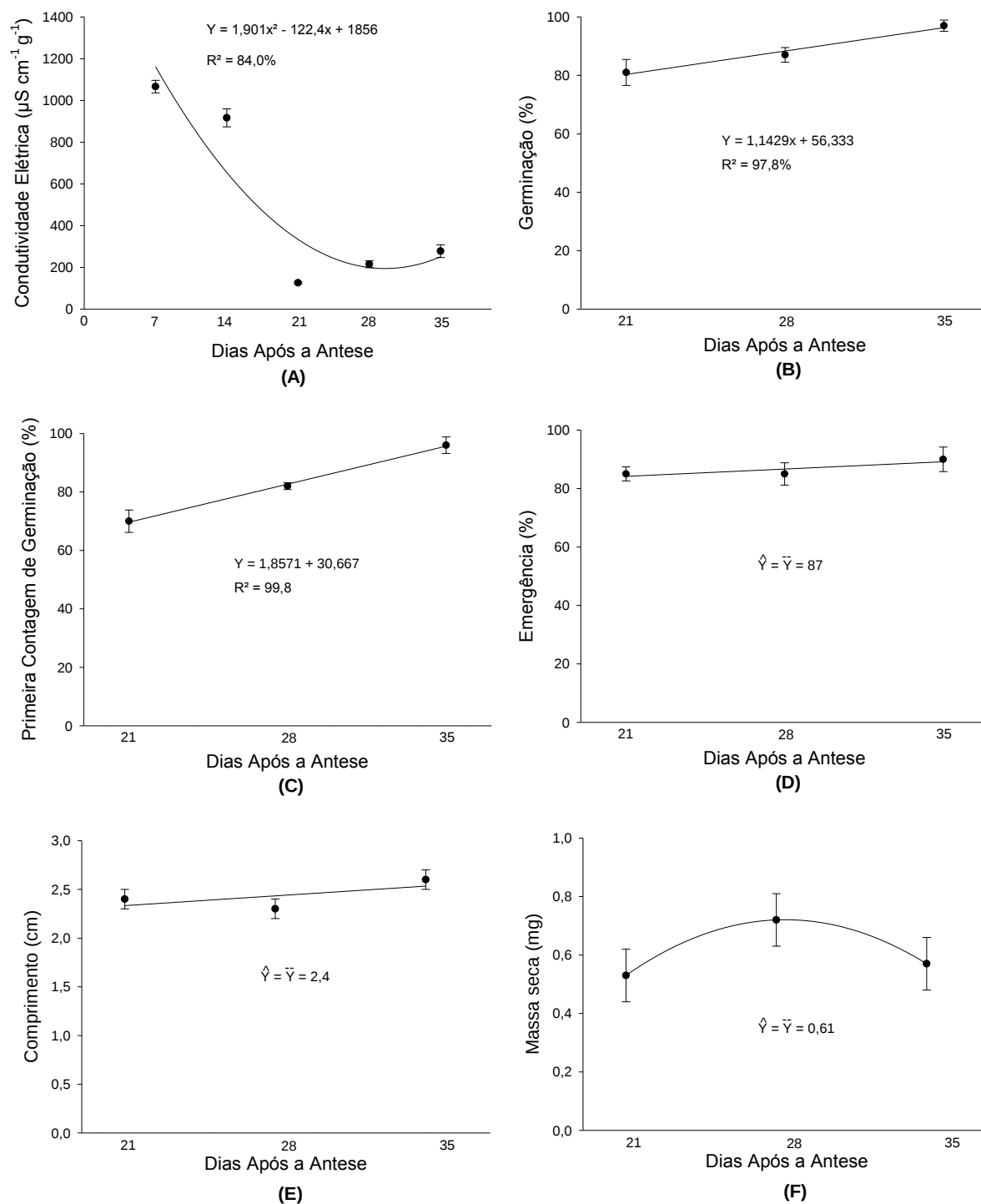


Figura 2. Condutividade elétrica (A), germinação (B), primeira contagem de germinação (C), emergência de plântulas (D), comprimento (E) e massa seca da parte aérea das plântulas (F) de camapu (*Physalis angulata* L.) em função dos dias após a antese.

Os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados entre 7 e 14 DAA, havendo posterior decréscimo até um ponto de mínimo aos 28 DAA, sendo o modelo de regressão quadrático o mais representativo para essa variável ($F = 40,7$; $P = 0,001$) (Figura 2A). Valores elevados de condutividade elétrica evidenciam alta liberação de lixiviados na solução, em função da menor estruturação e seletividade das membranas plasmáticas, sendo característico de sementes no início da maturação (Figueiredo Neto *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2014).

Em outras espécies olerícolas também se constatou tendência decrescente da condutividade elétrica, em função da maturação das sementes. Todavia, os valores podem variar consideravelmente de uma espécie para outra. Em sementes de maxixe, Medeiros *et al.* (2010) registraram valores entre 2.321 e 1556 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (15 a 40 DAA). Enquanto que para o pepino os valores variaram entre 71 e 16 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (30 a 55 DAA) (Nakada *et al.*, 2011). Para a pimenta, a condutividade variou entre 800 e 300 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (15 e 45 DAA) (Pereira *et al.*, 2014). No caso da *P. angulata* L., ficou evidenciado, neste estudo, que a partir dos 21 DAA, as membranas já estão bem estruturadas, capazes de conter o material celular, minimizando a lixiviação.

Houve germinação somente a partir de 21 DAA, com incrementos crescentes até aos 35 DAA, atingindo o porcentual máximo de 97%, possibilitando o ajuste de um modelo linear, tanto para a germinação ($F = 13,96$; $P = 0,004$) (Figura 2B) quanto para a primeira contagem de germinação ($F = 46,51$; $P = 0,000$) (Figura 2C). De acordo com Pereira *et al.* (2014), é comum sementes que ainda não alcançaram a maturidade fisiológica expressarem germinação nula.

No caso da *P. angulata*, fica evidenciado que até aos 14 DAA as sementes ainda estão distantes do ponto de maturidade fisiológica. Porém, no estudo de Sbrussi *et al.* (2014), com a

espécie *P. peruviana*, houve sempre germinação, independentemente do estágio de maturação, com valores variando entre 72 e 81%.

No estudo de Vidigal *et al.* (2006), constatou-se que a germinação de sementes de tomate ocorreu somente a partir dos 50 DAA. Para sementes de pimenteira, Pereira *et al.* (2014) registraram germinação somente a partir dos 35 DAA. Para a espécie *P. ixocarpa* L., foi registrado germinação somente aos 25 DAA, atingindo o maior percentual aos 45 DAA (80%) (Barroso, 2015).

Em geral, os valores de germinação foram consistentes com os obtidos em outros estudos (> 80%) com frutos maduros (frutos e cálices frutíferos amarelos) de *P. angulata* L. (Sousa *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2014). Entretanto, contradizem os resultados de Carvalho *et al.* (2014), também para *P. angulata* L., cujos maiores percentuais de germinação foram obtidos em sementes de frutos ainda verdes (83%) (frutos e cálices frutíferos verdes), enquanto que em frutos maduros o valor máximo foi de apenas 40%.

Para a primeira contagem de germinação, os valores foram sempre acima de 70%, sendo elevados em comparação a outras espécies, como tomate (53 a 67%) (Vidigal *et al.*, 2006), pepino (4 a 18%) e pimenteira (~10%) (Pereira *et al.*, 2014). Porém, foram compatíveis com os obtidos para o maxixe (43 a 85%) (Medeiros *et al.*, 2009). No presente estudo, os valores de primeira contagem evidenciam que as sementes de *P. angulata* L. tendem a expressar elevado vigor já a partir dos 21 DAA.

Não houve ajuste significativo de regressão para a emergência de plântulas ($F = 0,66$; $P = 0,541$), constatando-se que para essa variável os valores foram similares nos três períodos avaliados (Figura 2D). Ficou evidenciado o alto vigor das sementes logo a partir dos 21 DAA, com percentuais de emergência sempre acima de 80%. Todavia, os valores foram ligeiramente menores do que os obtidos por Lanna *et al.* (2013) para *P. angulata* L. e *P. peruviana* L., cujos percentuais variaram entre 92 e 100%, em substratos orgânicos. Piva *et*

al. (2013) obtiveram valores entre 53 e 95%, em sementes de *P. peruviana* L., em diferentes combinações de substratos. Por outro lado, no estudo de Sbrussi *et al.* (2014), a emergência em areia de sementes de *P. peruviana* L. variou entre 67 e 81%.

Quanto ao comprimento ($F = 1,42$; $P = 0,292$) e massa seca de plântulas ($F = 1,93$; $P = 0,200$), igualmente não houve ajuste significativo de regressão (Figura 2 E e F). Segundo Marcos Filho (2015), o comprimento e a biomassa de plântulas também são indicadores do vigor de sementes. Quanto mais vigorosas as sementes, maior tenderá ser o comprimento e a biomassa das plântulas.

Em geral, o comprimento da parte aérea das plântulas foi maior do que os valores obtidos por Souza (2009) (0,64 cm), em teste de germinação de sementes de *P. angulata* L. Todavia, Souza (2009) mensurou o comprimento das plântulas quando estas tinham apenas cinco dias, enquanto que no presente estudo essa variável foi medida ao final do teste (15 dias). Por outro lado, Oliveira *et al.* (2013) obtiveram valores de comprimento entre 3,8 e 6,9 cm, semeando-se em meio de cultura. Para a massa seca, Oliveira *et al.* (2013) registraram valores entre 1,6 e 4,7 mg. Todavia, no estudo de Oliveira *et al.* (2013) mensurou-se tanto a parte aérea como a raiz das plântulas.

A análise conjunta de todas as variáveis permite constatar que as sementes de *P. angulata* se tornaram fisiologicamente viáveis a partir dos 21 DAA, porém, o maior potencial fisiológico ocorreu aos 35 DAA, quando se obteve o maior porcentual de germinação. Todavia, na colheita realizada aos 35 DAA, observou-se elevada queda de frutos, em função da senescência e ação do vento. Por isso, recomenda-se realizar a colheita dos frutos, para obtenção de sementes, em torno dos 28 DAA.

4. CONCLUSÃO

Sementes de *P. angulata* L. se tornam fisiologicamente viáveis a partir de 21 DAA, com maior potencial fisiológico aos 35 DAA. Todavia, visando evitar demasiada queda de frutos, em função da senescência, recomenda-se realizar a colheita em torno dos 28 DAA.

5. REFERÊNCIAS

BARROSO, N. S. **Maturação de frutos e viabilidade de sementes de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.** 2015. 39p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination.** 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CABI (Commonwealth Agricultural Bureaux Internacional). **Invasive species compendium** (2013). Disponível em: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/40711>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção.** 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, T. C.; D'ANGELO, J. W. O.; SCARIOT, G. N.; SAES JÚNIOR, L. A.; CUQUEL, F. L. 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.

COELHO, R. F. R.; ZARIN, D. J.; MIRANDA, I. S.; TUCKER, J. M. Ingresso e mortalidade em uma floresta em diferentes estágios sucessionais no município de Castanhal, Pará. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 4, p. 619-630, 2003.

FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Planta tem ação antiinflamatória em peles sensíveis** (2012). Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. A. C.; DANTAS, B. F.; GARRIDO, M. S.; ARAGÃO, C. A. Maturação fisiológica de sementes de abóbora (*Curcubita moschata* Duch) produzidas no semiárido. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 302-310, 2014.

GUIMARÃES, E. T.; LIMA, M. S.; SANTOS, L. A.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. B. C.; SANTOS, R. R. S. WASHINGTON L. C.; SOARES, M. B. P. Effects of seco-steroids

purified from *Physalis angulata* L., Solanaceae, on the viability of Leishmania sp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 945-949, 2010.

LANNA, N. B. L.; VIEIRA JÚNIOR, J. O. L.; PEREIRA, R. C.; SILVA, F. L. A.; CARVALHO, C. M. Germinação de *Physalis angulata* e *P. Peruviana* em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 3, p. 75-82, 2013.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; ANDRADE, S. B.; AFFONSO, L. B.; ROMBALDI, C. V.; RUFATO, A. R. Qualidade pós-colheita de *Physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 311-317, 2013.

LIMA, C. S. M.; SIMONE, P. G.; BETEMPS, D. L.; RUFATO, A. R.; RUFATO, L. 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.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MEDEIROS, M. A.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 17-24, 2010.

NAKADA, P. G.; OLIVEIRA, J. A.; MELO, L. C.; GOMES, L. A. A.; PINHO, E. V. R. V. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1 p. 113 - 122, 2011.

OLIVEIRA, J. A. R.; MARTINS, L. H. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; PENA, R. S.; CARVALHO, A. V. Caracterização física, físico-química e potencial tecnológico de frutos de *P. angulata* (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, p. 573-583, 2011.

OLIVEIRA, J. A. R.; KOEFENDER, J.; MANFIO, C. E.; GOLLE, D. P.; REIS, J. D. Tipos de estacas e uso de AIB na propagação vegetativa de fisalis. **Revista Agroambiente On-line**, v. 9, n. 3, p. 342-346, 2015.

PEREIRA, F. E. C. B.; TORRES, S. B.; SILVA, M. I.; GRANGEIRO, L. C.; BENEDITO, C. P. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 737-744, 2014.

PIVA, A. L.; MEZZALIRA, E. J.; SANTIN, A.; SCHWANTES, D.; KLEIN, J.; VILLA, F.; TSUTSUMI, Y.; NAVA, G. A. Emergence and initial development of Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) seedlings with different substrate compositions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 49, p. 6579-6584, 2013.

SANTOS, J. A. A.; TOMASSINI, T. C. B.; XAVIER, D. C. D.; RIBEIRO, I. M.; SILVA, M. T. G.; MORAIS FILHO, Z. B. Molluscicidal activity of *Physalis angulata* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) under laboratory conditions. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 3, p. 425-428, 2003.

SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; SILVA, V. A. B. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.

SILVA, D. F.; VILLA, F.; BARP, F. K.; ROTILI, M. C. C.; STUMM, D. R. Conservação pós-colheita de fisális e desempenho produtivo em condições edafoclimáticas de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 60, n.6, p. 826-832, 2013.

SOARES, M. B. P.; BELLINTANI, M. C.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. C. B.; SANTOS, R. R. Inhibition of macrophage activation and lipopolysaccharide induced death by seco-steroids purified from *Physalis angulata* L. **European Journal of Pharmacology**, v. 459, n. ?, p. 107-112, 2003.

SOUZA, C. L. M. **Germinabilidade de sementes de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) sob condições de estresses abióticos**. 70p. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.

SOUZA, C. L. M.; SOUZA, M. O.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, L. M.; PELACANI, C. R. Morfologia de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Physalis angulata* L. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 4, p. 1082-1085, 2010.

SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M.; BARROSO, N. S.; PELACANI, C. R. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153 – 156, 2014.

SOUZA, M. O.; SOUZA, M. L. C.; PELACANI, C. R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 105-112. 2011.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F. S.; NAVERA, D. S. P. C.; ROCHA, F. B.; BHERING, M. C. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p.87-93, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Physalis angulata* L. EM FUNÇÃO DE FATORES ECOFISIOLÓGICOS, PROMOTORES QUÍMICOS E MATURAÇÃO FISIOLÓGICA

Este estudo possibilitou esclarecer aspectos fisiológicos e ecofisiológicos da germinação de sementes de *P. angulata* L., ainda pouco abordados na literatura. Possibilitou ainda ampliar a discussão em torno do conhecimento já existente sobre a referida espécie. Constatou-se que sob temperaturas elevadas (35 °C) e ausência de luz, sementes de *P. angulata* L. expressam elevada qualidade fisiológica, sendo possivelmente a melhor combinação para plantas dessa espécie, adaptadas ao nordeste paraense. Considerando-se a ocorrência natural da planta na referida região, bem como seu potencial econômico, as informações sobre temperatura e luminosidade obtidas neste estudo podem ser úteis para a domesticação e manejo da espécie.

Averiguou-se que sementes de *P. angulata* L. se tornam fisiologicamente viáveis a partir de 21 dias após a antese, sendo mais adequado realizar a colheita por volta dos 28 dias. Essa informação é fundamental para aqueles que por motivos acadêmicos ou profissionais desejam obter sementes com elevado potencial fisiológico. Todavia, tem-se ciência que assim como a temperatura e luminosidade, é possível que a maturação das sementes da referida espécie também varie em conformidade com o ambiente.

Assim como a maior parte das espécies silvestres, sementes de *P. angulata* L. tendem a expressar dormência fisiológica, ainda que moderadamente. Os tratamentos químicos das sementes com promotores químicos (GA₃, KNO₃ e Stimulate®) foram efetivos em promover maior expressão no vigor das sementes. Porém, o custo e a dificuldade de aquisição dos promotores químicos podem ser um fator limitante para que produtores rurais possam adotar

essa técnica. Portanto, há necessidade de se investigar também técnicas alternativas ao uso de promotores químicos.

Para estudos futuros sobre a qualidade fisiológica de sementes de *P. angulata* L., sugere-se replicar a metodologia descrita nesta tese em regiões com condições climáticas diferentes do nordeste paraense, especialmente em regiões de clima mais ameno, como na região sul do país. Sugere-se avaliar o efeito de temperaturas alternadas sobre a germinação e vigor das sementes. Assim como, recomenda-se avaliar o efeito do repouso fisiológico dos frutos sobre a maturação das sementes. Recomenda-se ainda testar promotores químicos diferentes dos avaliados neste estudo, bem como métodos alternativos e de baixo custo para maior expressão do potencial fisiológico das sementes.