

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

KHÉTRIN SILVA MACIEL

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS BRS DE MARACUJAZEIROS EM
DIFERENTES ALTITUDES: CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA,
ECOFISIOLOGIA E ALELOPATIA**

ALEGRE
2018

KHÉTRIN SILVA MACIEL

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS BRS DE MARACUJAZEIROS EM
DIFERENTES ALTITUDES: CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA,
ECOFISIOLOGIA E ALELOPATIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal, na área de concentração de Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lopes.

Coorientadora: Prof. Dra. Marcia Flores da Silva Ferreira.

Coorientadora: Prof. Dra. Milene Miranda Praça Fontes.

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre.

**ALEGRE
2018**

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da Ufes para ser confeccionada pelo autor

- S586d Silva Maciel, Khétrin, 1989-
Desempenho de híbridos BRS de maracujazeiros em diferentes altitudes: caracterização agrônômica, ecofisiologia e alelopatia / Khétrin Silva Maciel. - 2018.
125 f. : il.
- Orientador: José Carlos Lopes.
Coorientadores: Rodrigo Sobreira Alexandre, Márcia Flores da Silva Ferreira, Milene Miranda Praça Fontes.
Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.
1. Híbridos. 2. Maracujazeiro. 3. Altitude. 4. Estresse. 5. Germinação. 6. Alelopatia. I. Lopes, José Carlos. II. Sobreira Alexandre, Rodrigo. III. Flores da Silva Ferreira, Márcia. IV. Miranda Praça Fontes, Milene. V. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. VI. Título.

CDU: 63

KHÉTRIN SILVA MACIEL

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS BRS DE MARACUJAZEIROS EM
DIFERENTES ALTITUDES: CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA,
ECOFISIOLOGIA E ALELOPATIA**

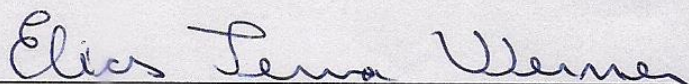
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal, linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Aprovada em 7 de Fevereiro de 2018.

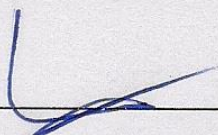
COMISSÃO EXAMINADORA



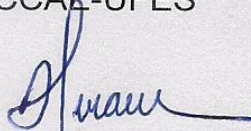
Dra. Séphora Neves da Silva
IFES - Campus de Alegre-ES



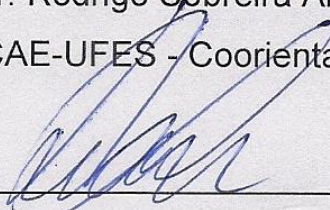
Prof. Dr. Elias Terra Werner
CCAЕ-UFES



Prof. Dr. Willian Bucker Moraes
CCAЕ-UFES



Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre
CCAЕ-UFES - Coorientador



Prof. Dr. José Carlos Lopes
CCAЕ-UFES - Orientador

Dedico esta Tese à minha mãe Laudicéia Machado da Silva, ao meu pai Julio Cesar Maciel e aos meus irmãos Kenner Silva Maciel e Kátia Silva Maciel que desde cedo me ensinaram a importância da educação na formação de um ser humano, sempre prestaram suporte, apoio e incentivo às minhas decisões e souberam valorizar minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, meu Senhor e Salvador Jesus Cristo, por sua infinita misericórdia e por me possibilitar a realização dessa conquista;

A Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, que me possibilitaram a realização do doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pela concessão da bolsa;

Aos meus pais Laudicéia e Julio Cesar, pelo amor, carinho, apoio, dedicação e incentivo em todas as etapas da minha vida;

Aos meus irmãos Kenner e Kátia, pelo companheirismo, amor, carinho e apoio;

Ao Fernando por todo apoio e ajuda;

Aos meus tios, tias, primas, primos e minha avó (Ruth de Oliveira *in memoriam*), pela paciência, firmeza, amizade, apoio e incentivo;

Ao professor Dr. José Carlos Lopes pelo auxílio, conhecimentos adquiridos, ajuda, conselhos, amizade, confiança e troca de excelentes informações;

Aos coorientadores Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre pelo apoio e troca de conhecimento, Prof. Dra. Marcia Flores da Silva Ferreira e Prof. Dra. Milene Miranda Praça Fontes pela ajuda nas análises, orientação, troca de excelentes informações e pelo conhecimento;

Aos amigos que atuam e atuaram no Laboratório de Análise de Sementes, Carla, Carlos Eduardo (Carlinhos), Carlos Eduardo, Paula, Liana, Rafael, Allan e Simone pela ajuda, incentivo, troca de informações e pelas grandes amizades que formei;

A todos os professores da Pós-Graduação em Produção Vegetal que me proporcionaram conhecimentos no decorrer desse doutorado e aos técnicos administrativos da instituição por ajudar nas análises nos laboratórios;

À Embrapa Cerrados em nome do Pesquisador Dr. Fábio Gelape Faleiro pela doação das sementes dos híbridos de maracujazeiro BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC e BRS Sol do Cerrado - BRS SC.

A todos os amigos por serem fontes inesgotáveis de apoio, incentivo e diversão. A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

Obrigada a todos vocês!

BIOGRAFIA

Khétrin Silva Maciel, filha de Julio Cesar Maciel e Laudicéia Machado da Silva, nasceu em 31 de março de 1989, em Alegre, estado do Espírito Santo.

Em fevereiro de 2008 ingressou no curso de Agrônômica na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES, graduando-se em fevereiro de 2013.

Em março de 2013, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil, obtendo o título de mestre em 2015.

Em 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Linha de Pesquisa Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo, FAPES, Brasil, com obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal em 7 de fevereiro de 2018.

RESUMO

O maracujazeiro apresenta grande variabilidade genética intraespecífica para as diversas características da planta e do fruto. O gradiente altitudinal influencia a distribuição da variação genética dentro e entre populações de plantas e estudos sobre localizações geográficas distintas possibilitam expressões do genótipo, influenciadas pelas condições ambientais. Objetivou-se estudar a caracterização genética, fisiológica e bioquímica de sementes e plantas de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes. As sementes dos híbridos de maracujazeiros foram provenientes da Embrapa Cerrado (BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC e BRS Sol do Cerrado - BRS SC) e cultivados em quatro altitudes no Sul do estado do Espírito Santo 41; 104; 711 e 1016 m. Foram analisados: características agronômicas, análises físicas e químicas dos frutos, análise física e bioquímica das sementes e qualidade fisiológica das sementes; indução das sementes aos estresses hídrico e salino utilizando-se manitol e cloreto de potássio nas concentrações de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa; propagação assexuada dos híbridos cultivados em diferentes altitudes, sem o uso de regulador de crescimento e com o ácido indol-3-butírico (1000 mg L^{-1}) e a fitotoxicidade e citotoxicidade de cascas e folhas dos híbridos cultivados em diferentes altitudes. O número de frutos por plantas é a característica de maior importância nas análises dos híbridos de maracujazeiros nas diferentes altitudes. Os híbridos em baixa altitude (41 e 104 m) apresentam maiores desempenhos agronômicos e o híbrido BRS Sol do Cerrado a 1016 m de altitude apresenta maior qualidade fisiológica das sementes. Os estresses hídricos e salinos prejudicam a germinação e o crescimento das plântulas a partir do potencial -0,8 MPa e os híbridos a 41 m de altitude apresentam menores danos devido suas condições locais. O híbrido BRS Rubi do Cerrado cultivado na altitude de 711 metros é o que apresenta maior potencial de enraizamento. O híbrido BRS Rubi do Cerrado nas altitudes de 41 e 1016 m apresenta maiores efeitos alelopáticos sobre a germinação de sementes de alface. O extrato apresenta alta mutagenicidade de acordo com que se aumentam as concentrações, consequentemente evidenciando maiores alterações nucleares e cromossômicas nas células em seus processos de divisões. O aumento das concentrações das infusões foliares dos híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*, cultivados em diferentes altitudes causa efeito alelopático e mutagênico em *L. sativa* L.

Palavras-chave: *Passiflora* spp. Híbridos. Altitude. Estresse. Germinação. Vigor. Mutagenicidade.

ABSTRACT

The passion fruit presents great intraspecific genetic variability for the diverse characteristics of the plant and the fruit. The altitudinal gradient influences the distribution of genetic variation within and between plant populations and studies on distinct geographic locations enable genotype expressions influenced by environmental conditions. The objective was to study the genetic, physiological and biochemical characterization of seeds and plants of hybrids of passion fruit grown at different altitudes. The seeds of the hybrids of passion fruit were obtained from Embrapa Cerrado (BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC and BRS Sol do Cerrado - BRS SC) and cultivated at four altitudes in the southern state of Espírito Santo 41; 104; 711 and 1016 m. The following parameters were analyzed: agronomic characteristics, physical and chemical analyzes of the fruits, physical and biochemical analysis of the seeds and physiological quality of the seeds; induction of seeds to water and salt stress using mannitol and potassium chloride at concentrations of 0.0; -0.2; -0.4; -0.6 and -0.8 MPa; (1000 mg L^{-1}) and the phytotoxicity and cytotoxicity of bark and leaves of the hybrids grown at different altitudes. The number of fruits per plants is the most important characteristic in the analysis of hybrids of passion fruit at different altitudes. Hybrids at low altitude (41 and 104 m) show higher agronomic performance and BRS Sol do Cerrado hybrid at 1016 m altitude has a higher physiological seed quality. Water and saline stresses affect germination and seedling growth from potential -0.8 MPa and hybrids at 41 m altitude have less damage due to their local conditions. The hybrid BRS Rubi do Cerrado cultivated at an altitude of 711 meters is the one with the greatest potential for rooting. The BRS Rubi hybrid of the Cerrado at altitudes of 41 and 1016 m presents greater allelopathic effects on the germination of lettuce seeds. The extract shows high mutagenicity as concentrations are increased, thus evidencing greater nuclear and chromosomal changes in the cells in their division processes. The increase of the concentrations of the leaf infusions of the hybrids of *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* grown at different altitudes causes an allelopathic and mutagenic effect on *L. sativa* L.

Keywords: *Passiflora* spp. Hybrids. Altitude. Stress. Germination. Vigor. Mutagenicity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Importância de caracteres, pelo método proposto por Singh (1981), baseado em D^2 de Mahalanobis relacionadas à análise agronômica (A); análise física e química dos frutos (B); análise física e bioquímica das sementes (C) e qualidade fisiológica das sementes (D) de híbridos de maracujazeiros nas diferentes altitudes.....35
- Figura 2 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere análise agronômica de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros).....39
- Figura 3 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere análise física e química do fruto de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros).....40
- Figura 4 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere análise física e bioquímica das sementes de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros).....41
- Figura 5 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere qualidade fisiológica das sementes de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros).....42

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Locais de amostragem de *Passiflora* spp. no estado do Espírito Santo, Brasil. Os pontos indicam as localidades amostradas: 1 (Marataízes - 41 m); 2 (Jerônimo Monteiro - 104 m); 3 (Alegre - 711 m) e 4 (Ibitirama - 1016 m).....50

CAPÍTULO 4

- Figura 1 - Atividade fitotóxica do extrato aquoso da casca de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), determinada por meio do bioensaio *Lactuca sativa* L. em diferentes variáveis macroscópicas: (A) G (%) (germinação); (B) IVG (índice de velocidade de germinação); (C) CR (mm) (crescimento radicular); (D) CA (mm) (crescimento aéreo).....86

Figura 2 - Germinação (%) e índice de velocidade de germinação do extrato aquoso da casca de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes determinada por bioensaio <i>Lactuca sativa</i> L. em diferentes concentrações.....	89
Figura 3 - Crescimento radicular (mm) e Crescimento aéreo (mm) do extrato aquoso da casca de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes determinada por bioensaio <i>Lactuca sativa</i> L. em diferentes concentrações.....	90
Figura 4 - Anormalidades nucleares e cromossômicas observadas em raízes meristemáticas de <i>Lactuca sativa</i> L. de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes (41; 104; 711 e 1016 m).....	99

CAPÍTULO 5

Figura 1 - Conteúdo de flavonoides totais (%) das folhas de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) colhidos em diferentes altitudes.....	111
Figura 2 - Atividade fitotóxica da infusão foliar de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), determinada pelas variáveis macroscópicas observadas por meio do bioensaio com <i>Lactuca sativa</i> L.....	113
Figura 3 - Germinação (%) e índice de velocidade de germinação das sementes de <i>Lactuca sativa</i> L. submetidas a diferentes concentrações de infusão foliar de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) coletados em diferentes altitudes.....	115
Figura 4 - Células meristemáticas representativas das raízes de <i>Lactuca sativa</i> L. tratadas com as infusões foliares de diferentes híbridos de <i>P. edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i>	122

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Descrição geográfica e climatológica das áreas em que foram implantados os experimentos.....	30
Tabela 2 - Resultados da análise de solo das áreas experimentais para os cultivos dos híbridos de maracujazeiros em diferentes altitudes.....	30
Tabela 3 - Coeficiente de variação genético (CVg), coeficiente de variação da parcela (CVP), coeficiente de variação da subparcela (CVS) e herdabilidade (h^2) para 28 variáveis relacionadas à análise agrônômica, análise física e química do fruto, análise física e bioquímica das sementes e qualidade fisiológica das sementes de híbridos de maracujazeiros em diferentes altitudes.....	38

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Origem dos genótipos utilizados.....	49
Tabela 2 - Germinação (%) de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse hídrico com manitol em diferentes potenciais osmóticos.....	52
Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse hídrico com manitol em diferentes potenciais osmóticos.....	54
Tabela 4 - Germinação (%) de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse salino com cloreto de potássio em diferentes potenciais osmóticos.....	55
Tabela 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse salino com cloreto de potássio em diferentes potenciais osmóticos.....	58

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Localização dos experimentos.....	66
--	----

Tabela 2 - Enraizamento (%) e estacas mortas (%) de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em concentrações de ácido indol-3-butírico (mg L^{-1}) em diferentes altitudes.....	68
Tabela 3- Brotação (%) e estacas com calo (%) de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), cultivados em diferentes altitudes e tratadas com AIB (mg L^{-1})	70
Tabela 4 - Número e comprimento de raízes (cm) de estacas de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), cultivados em diferentes altitudes e tratadas com AIB (mg L^{-1}).....	72

CAPÍTULO 4

Tabela 1 - Localização dos experimentos.....	82
Tabela 2 - Parâmetros de divisão celular normal de células meristemáticas de raízes de <i>Lactuca sativa</i> L. de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes.....	92
Tabela 3 - Alterações nucleares e cromossômicas observadas em células meristemáticas das raízes de <i>Lactuca sativa</i> L. de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes.....	97

CAPÍTULO 5

Tabela 1 - Localização dos experimentos.....	108
Tabela 2 - Parâmetros de divisão celular normal e índice mitótico (IM) de células meristemáticas de <i>Lactuca sativa</i> L.....	117
Tabela 3 - Alterações cromossômicas (AC) e nucleares (NC e Micronúcleo) observadas nas análises citogenéticas realizadas nas células meristemáticas de <i>Lactuca sativa</i> L.....	120

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MARACUJAZEIRO	16
2.2 POTENCIAL ALEOPÁTICO EM MARACUJAZEIRO	19
3 REFERÊNCIAS	21
4 CAPÍTULO 1: CARACTERES AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES	27
4.1 INTRODUÇÃO	28
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.4 CONCLUSÃO	43
4.5 REFERÊNCIAS.....	43
5 CAPÍTULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS DE DIFERENTES ALTITUDES	47
5.1 INTRODUÇÃO	48
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.4 CONCLUSÃO	59
5.5 REFERÊNCIAS.....	60
6 CAPÍTULO 3 - ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES	63
6.1 INTRODUÇÃO	64
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	66
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
6.4 CONCLUSÕES	73
6.5 REFERÊNCIAS.....	73
7 CAPÍTULO 4: ALELOPATIA EM <i>Lactuca sativa</i> L. DE EXTRATOS AQUOSOS DE CASCA DE FRUTOS DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES	79
7.1 INTRODUÇÃO	80
7.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	81
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
7.4 CONCLUSÕES	100
7.5 REFERÊNCIAS.....	100
8 CAPÍTULO 5: INVESTIGAÇÃO DO EFEITO DE INFUSÕES FOLIARES DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS NO BIOENSAIO <i>Lactuca sativa</i> L.	105
8.1 INTRODUÇÃO	106
8.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	107
8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
8.4 CONCLUSÕES	122
8.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro pertence à família Passifloraceae e ao gênero *Passiflora*, que se destaca como o mais importante economicamente. O Brasil é considerado como centro de origem de aproximadamente 139 espécies conhecidas, e também o maior centro de diversidade genética do gênero (BERNACCI et al., 2013). A planta desenvolve-se bem em regiões tropicais e subtropicais, onde o clima é quente e úmido. A altitude, temperatura, umidade relativa, luminosidade e precipitação exercem importante influência sobre a longevidade e rendimento das plantas (ALMEIDA et al., 2015).

O maracujazeiro está entre as principais frutíferas cultivadas no país, apresentando limitações no cultivo e baixa produtividade (RONCATTO et al., 2008). A estaquia permite aumentar a produtividade superar essas dificuldades, produzindo mudas com excelente qualidade, idênticas à planta matriz, em pequeno espaço físico e em curto período (SOUZA; SANTOS; CARVALHO, 2014). Para melhorar a propagação vegetativa, a utilização de auxina é de grande importância, podendo ser aplicada externamente, contribuindo para o melhor e mais rápido enraizamento (FELICIANA et al., 2017). Entretanto, a espécies comerciais como os híbridos desenvolvidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura por meio de cruzamentos com parentais selecionados, apesar de apresentarem características agrônômicas desejáveis como alta produtividade, uniformidade na produção, alto rendimento de polpa com acidez e doçura aceitáveis e tolerância às principais doenças (NEVES et al., 2013), são autoincompatíveis, classificadas como alógamas por excelência, devendo, portanto, serem as suas mudas clonais produzidas em menor número por matriz, utilizando-se estacas de várias matrizes para possibilitar a dupla fertilização.

Estes materiais genéticos são plantados em distintas regiões quanto à altitudes e características químicas e físicas de solo, além de sofrerem inúmeras variações climáticas, a exemplo, de estresses abióticos, como a salinidade e a seca que são os principais fatores responsáveis pela redução da produtividade das culturas no mundo (FAGIERA et al., 2011), e como a maioria das frutíferas, o maracujazeiro é considerado uma cultura sensível tanto à salinidade do solo como à da água (CAVALCANTE et al., 2005). O estresse salino pode causar danos nas células, induzir à produção de espécies reativas

de oxigênio, causar a morte celular devido à peroxidação de lipídios da membrana celular, à oxidação de proteínas, à inibição de enzimas e danos no DNA e RNA (SILVEIRA et al., 2010). Sob estresse hídrico, especialmente no início da embebição, a absorção de água é afetada, atrasando e diminuindo a germinação, predispondo a semente e a plântula a uma menor resistência às condições ambientais adversas (KAPPES et al., 2010).

A altitude é determinante no desempenho ecofisiológico de uma planta, por exercer influência direta sobre os fatores abióticos (JOËT et al., 2010). Regiões de alta altitude apresentam maior possibilidade de ocorrência de estresses devido à redução da disponibilidade hídrica e temperatura (ZHU et al., 2010).

As interações entre as plantas ocorrem quando uma planta doadora (produz e libera os aleloquímicos) e um organismo alvo sofre seus efeitos (SCOGNAMIGLIO et al., 2014). Os aleloquímicos são sinais químicos transmitidos ao ambiente, que podem inibir a germinação de sementes, o desenvolvimento de plantas, a produção de metabólitos, a fotossíntese, a respiração, o transporte de membrana e a sinalização química intracelular (PERRY et al. 2007; FABRICANTE et al., 2013).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MARACUJAZEIRO

O maracujazeiro pertence à família Passifloraceae, à ordem Violales, à classe Magnoliopsida e ao filo Magnoliophyta. Desde 1553 existem registros de plantas desta família e houve divergências quanto ao número de gêneros e espécies da família, sendo que o primeiro registro literário de uma planta pertencente ao grupo foi escrito na Colômbia (JORGENSEN; MACDOUGAL, 2014). O número de espécies da família Passifloraceae varia entre 520 (WATSON; DALLWITZ, 2012) e 700 (FEUILLET, 2004), e o número de gêneros varia entre 18 (FEUILLET, 2004; WATSON; DALLWITZ, 2012) e 23 (BARROSO, 1978). Tais variações são resultados de incertezas taxonômicas, uso de sinônimos e descrições de novas espécies.

O Brasil destaca-se no cenário internacional como o maior produtor mundial de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), cuja produção em 2017 foi de 704.000 toneladas, em uma área de 50.000 ha.

A região Nordeste lidera a produção brasileira, respondendo por mais da metade da produção nacional, seguida pelas regiões Sudeste, Norte, Centro-Oeste e Sul (IBGE, 2017).

O maracujazeiro é uma planta de clima tropical e subtropical, podendo ser cultivado, sob condições ideais, em regiões com temperatura média entre 25 e 26 °C e precipitação pluviométrica entre 1.200 a 1.400 mm, bem distribuída ao longo do ano. Os solos mais recomendados para a cultura são os arenos-argilosos, profundos, férteis, bem drenados, com topografia plana a ligeiramente ondulada, com pH entre 5,0 e 6,5. A altitude do cultivo recomendada é entre 100 e 1000 m, a umidade relativa do ar deve ser baixa e a luminosidade alta. A planta necessita de 11 horas de luz/dia para entrar em floração para produção de frutos com ótimo aspecto, sabor e aroma (FRAIFE FILHO et al., 2010).

A propagação do maracujazeiro para comercialização é feita principalmente via seminífera (SILVA et al., 2015), mas apresentam alguns problemas como a falta de uniformidade na germinação e emergência das plântulas. Além da propagação via sementes, o maracujazeiro pode ser propagado via assexuada como o método da estaquia, permitindo a multiplicação a partir de plantas-matrizes produtivas e de qualidade, para formação de pomares com maior uniformidade e vigor (HUH et al., 2017), podendo ainda ser propagado por enxertia (ALEXANDRE et al. 2013; OLIARI et al., 2016).

O Brasil, por ser um dos centros de origem do maracujá, possui ampla variabilidade genética natural para as diversas características da planta e do fruto. A caracterização e a avaliação das espécies de interesse são ferramentas indispensáveis aos trabalhos de melhoramento de plantas. Entre as várias espécies do gênero *Passiflora* nativas do Brasil, algumas têm características interessantes, que poderiam ser introduzidas no maracujazeiro comercial, como a resistência a doenças e algumas pragas, autocompatibilidade, androginóforo mais curto, qualidade de frutos e da produtividade (FALEIRO et al., 2011).

Assim, há grande interesse em estudos de competição de cultivares, no sentido de identificar aquelas de melhor adaptabilidade às condições locais específicas. O clima pode variar entre locais, influenciando o comportamento

das cultivares, portanto, não se pode indicar ou deixar de recomendar o plantio de determinada cultivar em novas regiões, tomando-se como referência apenas o seu comportamento na região de origem (GRECO, 2014).

Além da valiosa variabilidade interespecífica, o maracujazeiro apresenta grande variabilidade genética intraespecífica para as diversas características da planta e do fruto. A utilização de variabilidade genética existente nas populações de maracujazeiro azedo permite a identificação de genótipos superiores para os fins específicos. Os métodos de melhoramento, baseados em hibridações interespecíficas têm sido citados como promissores, embora possam existir problemas de alguns dos híbridos F1 relacionados com a macho esterilidade, viabilidade de pólen, falta de adaptação e suscetibilidade às doenças de parte aérea (RUGGIERO, 2000). Na Embrapa Cerrados, o método do retrocruzamento tem sido utilizado para a incorporação de genes de resistência e outros genes de interesse de espécies silvestres em variedades comerciais (JUNQUEIRA et al., 2005; FALEIRO et al., 2011).

Entre as cultivares comerciais utilizadas atualmente, o híbrido BRS Gigante Amarelo, lançado em 2008 (EMBRAPA, 2008) tem apresentado altas produtividades (42 t ha^{-1} no primeiro ano nas condições do Cerrado do Brasil), boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, alta qualidade de frutos e elevado rendimento de polpa para uso agroindustrial. Considerando-se que esta cultivar seja um híbrido simples intravarietal, acredita-se que o reaproveitamento com a multiplicação de suas sementes pode diminuir o seu vigor híbrido e reduzir o seu potencial produtivo, além de diminuir o tamanho e a homogeneidade dos frutos, reduzindo a renda do produtor. Com base nas áreas de avaliação, há indicadores da adaptação da cultivar na altitude de 376 a 1.100 m, latitude de 9 a 23°, plantio em qualquer época do ano (quando irrigado), em diferentes tipos de solo.

O híbrido BRS Sol do Cerrado, lançado também em 2008 (EMBRAPA, 2008) foi obtido com base no melhoramento populacional por seleção recorrente e obtenção e avaliação de híbridos intraespecíficos. Frutos que apresentam coloração amarelo brilhante e polpa amarelo forte (maior quantidade de vitamina C), oblongos, boa produtividade (40 t ha^{-1} no primeiro ano nas condições do Cerrado do Brasil), e alta qualidade e rendimento de polpa. Com base nas áreas de avaliação, há indicadores da adaptação da

cultivar na altitude entre 376 a 1.100 m, latitude de 9 a 23°, e plantio em qualquer época do ano (quando irrigado), em diferentes tipos de solo.

O BRS Rubi do Cerrado, lançado em 2012 (EMBRAPA, 2012) foi obtido com base no melhoramento populacional por seleção recorrente e obtenção e avaliação de híbridos inter e intraespecíficos. Apresenta maior resistência ao transporte, coloração de polpa amarelo forte (maior quantidade de vitamina C), maior tempo de prateleira e bom rendimento de polpa. A obtenção de frutos para indústria e para mesa evidencia a característica de dupla aptidão da cultivar. Há indicadores da adaptação da cultivar na altitude entre 376 a 1.100 m, latitude de 9 a 23°, plantio em qualquer época do ano (quando irrigado), em diferentes tipos de solo.

2.2 POTENCIAL ALELOPÁTICO EM MARACUJAZEIRO

O termo alelopatia vem do grego *allelon* = de um para o outro e *pathós* = sofrer, e foi descrito pelo botânico Hans Molisch em 1937 (CHOU, 2006; WILLIS, 2007) como a influência de uma planta no crescimento e estabelecimento de outra planta, pela liberação de compostos químicos no ambiente (TEASDALE et al., 2012; SALDANHA, 2013). A Sociedade Internacional de Alelopatia recentemente definiu alelopatia como “ciência que estuda qualquer processo envolvendo, essencialmente, metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos, que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos, incluindo efeitos positivos e negativos” (INTERNATIONAL ALLELOPATHY SOCIETY, 2014).

As interações entre as plantas ocorrem quando uma planta doadora (produz e libera os aleloquímicos) e um organismo alvo sofre seus efeitos (SCOGNAMIGLIO et al., 2014). Os aleloquímicos são sinais químicos transmitidos ao ambiente, que podem inibir a germinação de sementes, o desenvolvimento de plantas, a produção de metabólitos, a fotossíntese, a respiração, o transporte de membrana e a sinalização química intracelular (PERRY et al., 2007; FABRICANTE et al., 2013).

Os aleloquímicos são responsáveis pelas múltiplas interações químicas entre os diferentes organismos como: interações positivas (promoção, atração) e negativas (inibição, repelência), no qual indicam as funções ecológicas

dessas substâncias, sendo importante para a sobrevivência, evolução e coevolução das espécies vegetais. Por exemplo, a liberação de aleloquímicos serve de estratégia de plantas invasoras para garantir sucesso na competição e no domínio de comunidades vegetais (LARCHER, 2006) e algumas espécies podem ser relativamente resistentes a esses metabólitos, podendo apresentar alguma relação coevolutiva com aquelas e desenvolvido tal resistência. Essa situação não é tão comum, o que garante o sucesso de muitas espécies invasoras produtoras de aleloquímicos (BAIS et al., 2006). Estudos relacionados com a atividade alelopática das plantas são importantes para a agricultura, que podem contribuir para o manejo das culturas, evitando que determinadas espécies possam ser cultivadas próximas inibindo o seu crescimento e desenvolvimento (IGANCI et al., 2006).

Os compostos alelopáticos são produtos do metabolismo secundário vegetal produzidos pela planta, que parece não ter relação direta com o crescimento e desenvolvimento do vegetal. Eventos em nível celular coordenam um complexo de sinais (sinalizadores - “signaling”), que permitem a comunicação entre os órgãos por hormônios ou fitormônios (“mensageiros químicos”), em que os metabólitos secundários são ativados por estímulos internos ou externos (RAVEN et al., 2010; TAIZ et al., 2017).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é um dos modelos vegetais indicados para bioensaios devido ao seu rápido crescimento, elevado número de sementes, possuir sementes pequenas, o que contribui para uma maior área de superfície de contato com a substância avaliada (ANDRADE-VIERA et al., 2014). É uma planta eudicotiledônea, pertence à família Asteraceae, destacando-se como uma das hortaliças herbáceas mais consumidas no mundo e no Brasil, agronomicamente muito delicada, de caule diminuto não ramificado (NASCIMENTO et al., 2012). A principal vantagem do uso da alface nos estudos alelopáticos reside na sensibilidade da espécie, mesmo em baixas concentrações de aleloquímicos. Além disso, a espécie demonstra outras peculiaridades que favorecem sua utilização: germinação rápida, em aproximadamente 24 horas; crescimento linear insensível às diferenças de pH em ampla faixa de variação e insensibilidade aos potenciais osmóticos (SOUZA et al., 2005).

Os principais constituintes químicos de *Passiflora edulis* são os ácidos graxos (linoleico, oleico, palmítico), os flavonoides, os esteroides, os taninos, os alcaloides, os terpenos, os polifenóis (antioxidantes), os carotenoides e as cumarinas (responsáveis pela ação antibacteriana) (BRAGA et al., 2010). Nos ensaios farmacológicos, os compostos ativos encontrados foram harmano (conhecido como passiflorina, um sedativo natural encontrados em folhas e frutos), maracujina e cardioespermina (um glicosídeo cianogênico) (LORENZI; MATOS, 2008).

Passiflora edulis foi investigada por possuir substâncias inibitórias (genericamente chamadas de aleloquímicos), cuja função primária é garantir a dormência das sementes e assegurar que as mesmas não germinem dentro do fruto (condições locais de germinação ótima), mas também exibe considerável ação alelopática sobre a germinação de outras espécies (COELHO et al., 2011). Os aleloquímicos estão em maior concentração no arilo (que envolve toda a semente) e faltam dados que relatem se esse efeito concentra-se apenas no arilo, ou se outras partes da planta podem exercer alelopatia (seja ela positiva ou não) (MARTINS et al., 2010).

3 REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, R. S.; LOPES, J. C.; TIRADENTES, A. T.; BRUCKNER, C. H.; OTONI, W. C. Metodologia de minienxertia em maracujazeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 329-332, 2013.
- ALMEIDA, G. Q.; DE OLIVEIRA SILVA, J.; CABRAL, L. T. S.; MATOS, G. R.; MENEGUCI, J. L. P. Influência da iluminação artificial no florescimento dos parentais de híbridos de maracujá (*Passiflora edulis*). **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 2, p. 117-123, 2015.
- ANDRADE-VIEIRA, L. F.; BOTELHO, C.M.; PALMIERI, M. J.; LAVIOLA, B G; PRAÇA-FONTES, M. M. Effects of *Jatropha curcas* oil in *Lactuca sativa* root tip bioassays. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 373-382, 2014.
- BAIS, H. P.; WEIR, T. L.; PERRY, L. G.; GILROY, S.; VIVANCO, J. M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, n. 1, p. 233-266, 2006.
- BARROSO, G. M. **Passifloraceae**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e

Científicos. Volume 1. Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo, Brasil. p. 194-197, 1978.

BERNACCI, L. C.; CERVI, A. C.; GIOVANNI, R.; BORGES, R. A. X.; HERING, R. L. O.; SERRANO, T.; SANTOS FILHO, L. A. F. Passifloraceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 830-834, 2013.

BRAGA, A.; MEDEIROS, T. D.; ARAÚJO, B. D. Investigação da atividade antihiperlipidêmica da farinha da casca de *Passiflora edulis Sims*, Passifloraceae, em ratos diabéticos induzidos por aloxano. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 186-191, 2010.

CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G.; ANDRADE, R.; SÁ, J. R.; MACEDO, J. P.; GONDIM, S. C.; CALVACANTE, I. H. L. Resposta do maracujazeiro amarelo à salinidade da água sob diferentes formas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 314-317, 2005.

CHOU, C. H. Introduction to allelopathy. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; GONZÁLEZ, L. (Eds.). **Allelopathy - A Physiological Process With Ecological Implications**. Netherlands, Springer, 2006. p. 1-9.

COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S.; OLIVEIRA, A. K.; DIÓGENES, F. E. P. Atividade alelopática de extrato de sementes de juazeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 108-111, 2011.

EMBRAPA CERRADOS E EMBRAPA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA. **BRS Rubi do Cerrado**: híbrido de maracujazeiro- azedo de alta produtividade. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2012.

EMBRAPA CERRADOS E EMBRAPA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA. **BRS Sol do Cerrado**: híbrido de maracujazeiro- azedo de alta produtividade. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, M. N. A.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. Aspectos da ecologia de *Calotropis procera* (Apocynaceae) em uma área de Caatinga alterada pelas obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco em Mauriti, CE. **Rodriguésia**, v. 64, n. 3, p. 647-654, 2013.

FAGIERA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. Melhoramento para tolerância a salinidade. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. (Eds.). **Melhoramento de plantas para condições de estresse abióticos**. Visconde do Rio Branco:

Suprema, 2011. p. 250.

FALEIRO F. G.; JUNQUEIRA N. T. V.; BRAGA M. F.; PEIXOTO J. R. Prémelhoramento do maracujá. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A.P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G.; FOLLE, S. M.; GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Prémelhoramento de plantas: Estado da arte e experiências de sucesso.** Embrapa Informações Tecnológicas, Brasília, DF, 2011, p. 549-570.

FELICIANA, A. M. C.; DE MORAIS, E. G.; REIS, É. S.; CORRÊA, R. M.; DE SOUZA GONTIJO, A.; VAZ, G. H. B. Influência de auxinas e tamanho de estacas no enraizamento de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.). **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p.43-50, 2017.

FEUILLET, C. Passifloraceae (passion flower family). In: SMITH, N.; MORI, S. A.; HENDERSON, A.; STEVENSON, D. W.; HELD, S. V. Eds. **Flowering plants of the neotropics princeton.** University Press: Oxford, MS, USA, p. 286–287, 2004.

FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. **Maracujá.** 2010. Publicado no site da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira/CEPLAC.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. AVALIAÇÃO física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v. 30. N. 3, p. 360-370, 2014.

HUH, Y. S.; LEE, J. K.; NAM, S. Y. Effect of plant growth regulators and antioxidants on in vitro plant regeneration and callus induction from leaf explants of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Journal of Plant Biotechnology**, v. 44, n. 3, p. 335-342, 2017.

IBGE, 2017. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2017) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 Jan 2018.

IGANCI, J. R. V.; BOBROWSKI, V. L.; HEIDEN, G.; STEIN, V. C.; ROCHA, B. H. G. Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies de boldo sobre a germinação e índice mitótico de *Allium cepa* L. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, n. 1, p. 79-82, 2006.

INTERNATIONAL ALLELOPATHY SOCIETY [Online]; 2014. Disponível em: <<http://www.internationalallelopathy-society.org>>. Acesso em 24 abr 2017.

JOËT, T.; LAFFARGUE, A.; DESCROIX, F.; DOULBEAU, S.; BERTRAND, B.; DUSSERT, S. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green *Coffee arabica* beans. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.

JORGENSEN, P. M.; MACDOUGAL, J. M. **Taxonomic history of *Passiflora***. 2014. Mo. Bot. Gard. Disponível em: <http://www.mobot.org/mobot/research/passiflora/taxonomic_history.shtml>. Acesso em 14 mar 2014.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R. BERNACCI, L.C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81-108.

KAPPES, C.; COSTA ANDRADE, J. A.; HAGA, K. I.; FERREIRA, J. P.; ARF, M. V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LORENZI H, MATOS FJA. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. 2nd Ed. São Paulo: Instituto Plantarum; 2008. 560 p.

MARTINS, C. M.; VASCONCELLOS, M. A. S.; ROSSETTO, C. A. V.; CARVALHO, M. G. Phytochemical screening of the arils of yellow passion fruits seeds and influence on the seed germination. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 1934-1940, 2010.

NASCIMENTO, I. L.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; MARACAJÁ, P. B.; TORRES, S. B.; RIBEIRO, M. C. C. Influência de partes vegetais de *Tamarindus indica* L. como efeito alelopático na germinação da alface. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 97-101, 2012.

NEVES, C. G.; NUNES, O. J.; LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, E. J. Avaliação agrônômica de parentais e híbridos de maracujazeiro- amarelo. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 35, n. 1, p.191-198, 2013.

OLIARI, L. S.; GILES, J. A. D.; MAYRINCK, L. G.; DE OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; OTONI, W. C.; SCHMILDT, E.R.; AOYAMA, E. M.; ALEXANDRE, R. S. Mini-grafting of adult *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*

- Deg. scions onto vegetatively propagated adult rootstocks of '*P. mucronata*' Lam. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 490, 2016.
- PERRY, L. G.; THELEN, G. C.; RIDENOUR, W. M.; CALLAWAY, R. M.; PASCHKE, M. W.; VIVANCO, J. M. Concentrations of the allelochemical (\pm)-catechin in *Centaurea maculosa* soils. **Journal Chemical Ecology**, v. 33, n. 12, p. 337-344, 2007.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 2010.
- RONCATTO, G.; NOGUEIRA FILHO, G. C.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C. D.; MARTINS, A. B. G. Enraizamento de estacas de espécies de maracujazeiro (*Passiflora* spp.) no inverno e no verão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1089-1093, 2008.
- RUGGIERO, C. Situação da cultura do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 26, p. 5-9, 2000.
- SALDANHA, L. L.; VILEGAS, W.; DOKKEDAL, A. L. Characterization of flavonoids and phenolic acids in *Myrcia bella* Cambess. Using FIA-ESI-IT-MSn and HPLC-PAD-ESI-IT-MS combined with NMR. **Molecules**, v. 18, n. 7, p. 8402-8416, 2013.
- SCOGNAMIGLIO, M.; FIUMANO, V.; ABROSCA, B.; ESPOSITO, A.; CHOI, Y.H.; VERPOORTE, R.; FIORENTINO, A. Chemical interactions between plants in Mediterranean vegetation: The influence of selected plant extracts on *Aegilops geniculata* metabolome. **Phytochemistry**, v. 106, n. 1, p. 69-85, 2014.
- SILVA, M. S.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R. F.; SÁ JUNIOR, A.; SANTOS, C. M. Aryl removal method and sand passion fruit seed positions: Germination and emergence. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 125-130, 2015.
- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**, v. 1, p. 161-18, 2010.
- SOUSA, C. M.; CARVALHO, B. M.; DOS SANTOS, M. P. Enraizamento de estacas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Científica**, v. 42, n. 1, p. 68-73, 2014.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 291p, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p., 2017.

TEASDALE, J. R.; RICE, C. P.; CAI, G.; MANGUM, R. W. Expression of allelopathy in the soil environment: soil concentration and activity of benzoxazinoid compounds released by rye cover crop residue. **Plant Ecology**, v. 213, n. 12, p. 1893-1905, 2012.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification retrieval**. 2012. Disponível em:<<http://www.citeulike.org/user/Flit/article/728499>>. Acesso em 6 nov 2014.

WILLIS, R. J. **The History of Allelopathy**. Netherlands, Springer, 2007. 316 p.

ZHU, J. T.; LI, X. Y.; ZHANG, X. M.; ZENG, F. J.; LIN, L. S.; YANG, S. G.; WANG, H. Ecophysiological adaptation of *Calligonum roborovskii* to decreasing soil water content along the altitudinal gradient in the Kunlun Mountains, Central Asia. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 57, n. 6, p. 826-832, 2010.

4 CAPÍTULO 1: CARACTERES AGRONÔMICOS, FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES

RESUMO: A importância em desenvolver trabalhos que avaliem os caracteres de frutos e sementes de plantas cultivadas em diferentes altitudes reside na possibilidade de identificar as diferenças fenotípicas determinadas pelas variações ambientais. Objetivou-se estudar caracteres agronômicos, fisiológicos e bioquímicos de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes no Espírito Santo. Foram utilizados os híbridos: BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado, cultivados nas regiões de Marataízes (41 m); Jerônimo Monteiro (104 m); Alegre (711 m) e Ibitirama (1016 m). Foram analisados os caracteres agronômicos, características físicas e químicas dos frutos, qualidades física, bioquímica e fisiológica das sementes. Utilizou-se o método de Singh para determinação das características de maior importância, parâmetros genéticos e coordenadas principais. Número de frutos é a característica de maior importância nas análises dos híbridos nas diferentes altitudes. Híbridos em baixa altitude apresentam maiores desempenhos agronômicos e as sementes do híbrido BRS Sol do Cerrado a 1016 m apresenta maior qualidade fisiológica.

Palavras-chaves: *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener. Genótipo. Qualidade fisiológica. Características.

ABSTRACT: The importance of developing studies that evaluate fruit and seed characteristics of plants grown at different altitudes is based on the possibility of identifying phenotypic differences determined by environmental variations. The objective of this study was to study agronomic, physiological and biochemical characteristics of hybrids of passion fruit grown at different altitudes in Espírito Santo. Hybrids were used: BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado and BRS Rubi do Cerrado, cultivated in the regions of Marataízes (41 m); Jerônimo Monteiro (104 m); Alegre (711 m) and Ibitirama (1016 m). The agronomic characteristics, physical and chemical characteristics of the fruits, physical, biochemical and physiological qualities of the seeds were analyzed. The Singh method was used to determine the most important characteristics, genetic parameters and main coordinates. Number of fruits is the most important

characteristic in the analyzes of hybrids at different altitudes. Hybrids at low altitude show higher agronomic performance and the seeds of BRS Sol do Cerrado hybrid at 1016 m show higher physiological quality.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener. Genotype. Physiological quality. Characteristics.

4.1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma planta originária da América tropical, pertence ao gênero *Passiflora* que possui mais de 150 espécies e o maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) é o mais cultivado devido a sua qualidade de frutos, alto rendimento comercial, utilizado para consumo *in natura* e produção de derivados (IBGE, 2017). O Brasil é centro de diversidade do maracujazeiro e apresenta ótimas condições para o seu cultivo. A planta desenvolve-se bem em regiões tropicais e subtropicais, onde o clima é quente e úmido. A altitude, temperatura, umidade relativa, luminosidade e precipitação exercem importante influência sobre a longevidade e rendimento das plantas (BORGES; LIMA, 2009).

As regiões mais indicadas para o plantio do maracujazeiro são as de altitudes entre 100 a 1000 m, com temperatura média entre 25 e 26 °C; precipitação pluviométrica ideal entre 1.200 a 1.400 mm, bem distribuída ao longo do ano; umidade relativa do ar baixa e luminosidade alta. A planta necessita de 11 horas de luz/dia para entrar em floração para produção de frutos com ótimo aspecto, sabor e aroma (FRAIFE FILHO et al., 2010). Embora o maracujazeiro tenha boa adaptação aos diversos tipos de solos, é necessário que o mesmo seja profundo e tenha, principalmente, boa drenagem (ALEXANDRE et al., 2009; LOPES et al., 2013).

A altitude é determinante no desempenho ecofisiológico de uma planta, por exercer influência direta sobre fatores abióticos (JOËT et al., 2010). Regiões de alta altitude apresentam maior possibilidade de ocorrência de estresses devido a redução da disponibilidade hídrica e temperatura (ZHU et al., 2010). Aumento na altitude proporciona aumento do tamanho da semente, as quais podem apresentar vantagens durante o estabelecimento de mudas em condições estressantes (PLUES et al., 2005).

A germinação das sementes de maracujazeiros estão sujeitas às

variações de temperatura, ao comprimento do dia, aos índices de pluviosidade e a outras variantes, sendo que o ambiente adequado permite a expressão da composição genética desejada (BOTEZELLI et al., 2000), o que pode ser relevante para espécies melhoradas geneticamente, como os híbridos de maracujazeiros.

A importância em desenvolver trabalhos que avaliem os caracteres de frutos e sementes de plantas cultivadas em diferentes altitudes reside na possibilidade de identificar as diferenças fenotípicas determinadas pelas variações ambientais, sendo que o ambiente pode favorecer a expressão de determinadas características, que em outras condições ambientais não se manifestariam. Diante do exposto, objetivou-se avaliar caracteres agronômicos, fisiológicos e bioquímicos de plantas, frutos e sementes de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes no estado do Espírito Santo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pelo Laboratório de Análise de Sementes (LAS) no campus do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), em Alegre-ES. Foram utilizadas sementes de híbridos de maracujazeiro provenientes da Embrapa Cerrado (BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC e BRS Sol do Cerrado - BRS SC), cultivadas em quatro regiões no Sul do estado do Espírito Santo (Tabela 1), cujas condições climáticas e análise dos solos encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Descrição geográfica e climatológica das áreas onde foram implantados os experimentos

Dados	Altitudes (m)			
	41	104	711	1016
	Marataízes	Jerônimo Monteiro	Alegre	Ibitirama
Latitude	21° 05' 13,73" S	20° 48' 9,93" S	20° 37' 51,91" S	20° 28' 09,40" S
Longitude	40° 54' 15,71" O	41° 24' 24,85" O	41° 36' 15,97" O	41° 43' 31,63" O
Clima (classificação climática Köppen-Geiger)	Tropical - Aw	Tropical - Aw	Subtropical de inverno seco e verão quente - Cwa	Quente e temperado - Cwa
Temperatura média (°C)	23,8	23,8	23	19,8
Pluviosidade média anual (mm)	1014	1094	1341	1286

Tabela 2 - Resultados da análise de solo das áreas experimentais para os cultivos dos híbridos de maracujazeiros em diferentes altitudes

Altitudes (m)	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	Areia	Silte	Argila	Classe do solo
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				(%)	(%)	g Kg ⁻¹	(%)	(%)	(%)				
41	5,51	13,07	57	12	1,65	0,84	0,10	5,12	2,69	2,79	7,81	34,50	3,58	15,51	59	1	39	Argilosa
104	6,50	37,43	205	4	3,55	1,00	0,00	2,97	5,10	5,10	8,07	63,19	0,00	11,46	73	7	19	Média
711	5,86	2,55	42	2	3,00	1,11	0,00	3,80	4,23	4,23	8,02	52,71	0,00	20,91	49	7	42	Argilosa
1016	5,06	3,91	11	0	0,07	0,03	0,55	14,36	0,12	0,67	14,48	0,85	81,73	40,13	64	10	26	Média

Legenda: pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Na: sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: hidrogênio e alumínio; SB: soma de base; t: capacidade de troca catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC); V: índice de saturação em bases; m: índice de saturação em alumínio; MO: matéria orgânica.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas (4 x 3), sendo que as parcelas representadas pelas quatro altitudes e as subparcelas se constituíram dos três híbridos, com quatro blocos (repetições) e cinco plantas por bloco, totalizando 60 plantas em cada localidade/altitude.

As mudas de maracujazeiros foram produzidas em sacolas plásticas de 14 x 28 cm, com solo, esterco de curral e areia (1:1:1). Foram semeadas duas sementes por sacola e as regas feitas diariamente, de acordo com as necessidades da cultura. Após 120 dias da semeadura foi feito o transplântio para o local definitivo. O sistema de condução e sustentação das plantas foi em espaldeira vertical, com 1,8 m de altura e espaçamento de 3,0 m x 4,0 m. As plantas foram polinizadas naturalmente, sem irrigação na área, e o controle de plantas daninhas realizado por meio de roçada das entrelinhas e capina manual nas linhas.

As análises dos híbridos foram realizadas durante os dois ciclos de produção da cultura (2015 e 2016), e constaram de:

Análises agronômicas - número de frutos por planta e índices de clorofilas *a*, *b* e *total* (utilizou-se o clorofilog CFL1030 da Falker);

Análises físicas e químicas dos frutos - peso médio do fruto (g) em balança de precisão 0,001 g; comprimento do fruto (cm); diâmetro do fruto (cm); espessura da casca (cm) com o auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,1 mm; rendimento de polpa (%) calculada a porcentagem da massa da polpa, subtraindo-se a massa da casca e das sementes em relação à massa total do fruto; firmeza do fruto (g f^{-1}) determinada em três pontos, com o auxílio de um texturômetro (Stevens LFRA Texture Analyser, com ponta T9/1000, 2 mm s^{-1} e profundidade de 20 mm); número de sementes por fruto; teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$): utilizou-se o refratômetro digital com compensação automática de temperatura; acidez total titulável: avaliada por titulometria de neutralização, com diluição de 10 mL de suco puro em 90 mL de água destilada e titulação com solução de NaOH 0,1 N até que o suco atingisse pH 8,1, com o auxílio do medidor de pH Digimed DMPH - 2, com correção automática de temperatura expressa em porcentagem (%) de ácido cítrico (AOAC,1990); ratio (razão entre os sólidos solúveis e acidez titulável); pH da polpa: utilizou-se o pHmetro digital Digimed DMPH - 2; teor de vitamina C

(mg): utilizando-se 10 g do suco em frasco erlenmeyer contendo 50 mL de solução de ácido oxálico e a titulação efetuada com o indicador DCFI (2,6-diclorofenol-sódico) até atingir a coloração rosada persistente por 15 segundos e condutividade elétrica da polpa determinada em condutivímetro MS Tecnoyon, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

As sementes de frutos maduros e recém-colhidos foram extraídas com auxílio de uma colher esterilizada, removendo-se a polpa com a técnica da cal extinta sobre uma peneira, com lavagem das sementes e secagem sobre papel tipo germitest à sombra.

Análises físicas e bioquímicas das sementes - utilizando-se oito repetições de 100 sementes por tratamento foram determinados o peso de mil sementes, em balança analítica (0,0001 g); e quatro repetições de 25 sementes por tratamento foram determinados o comprimento e o diâmetro da semente, com o auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm); teor de água da semente (%), determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009); condutividade elétrica: realizada com três repetições de 50 sementes, imersas em 75 mL de água deionizada em copos de plástico (capacidade de 200 mL) (BARBOSA et al., 2012), mantidas a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas e a condutividade da solução determinada em condutivímetro MS Tecnoyon, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e a lixiviação de potássio (mg L^{-1}) em fotômetro de chama - Digimed.

As análises bioquímicas foram feitas utilizando-se quatro repetições de 100 sementes, nas quais foram determinados: Lipídios totais - realizado por método gravimétrico (BLIGH; DYER, 1959); Fenóis solúveis totais - baseado no método de Folin Ciocalteu, com leitura das amostras em espectrofotômetro a 725 nm; Carboidratos totais - feita pela reação com antrona (HODGE; HOFREITER, 1962), com leituras a 620 nm; Proteínas totais - pelo método de Bradford (1976), utilizando-se BSA como padrão e leituras a 595 nm; Amido - pela hidrólise ácida em mono, di e oligossacarídeos que, posteriormente foram submetidos à reação com Antrona (HODGE; HOFREITER, 1962) e a leitura no comprimento de ondas de 620 nm; Fibras - o *pellet* resultante da extração do amido foi levado para estufa de circulação forçada à temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem em função da massa inicial utilizada para a determinação bioquímica; Cinzas: a determinação

mineral foi feita pela adaptação de Silva (1981).

Qualidade fisiológica das sementes – foi determinada pelas análises: Germinação - conduzida com quatro repetições de 25 sementes, semeadas em rolos de papel tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, que foram mantidos em câmara de germinação tipo BOD, regulada à temperatura alternada de 20-30 °C, na condição de escuro. As avaliações foram feitas até 28 dias após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de germinação; Índice de velocidade de germinação - determinado concomitante com o teste de germinação, sendo computado diariamente o número de sementes que apresentaram protrusão da raiz primária igual ou superior a 2 mm, segundo Maguire (1962); Comprimento da parte aérea - determinado após 28 dias da semeadura, com o auxílio de régua milimetrada, mediante a medição do comprimento entre o colo e o ápice da última folha, e o resultado expresso em cm planta⁻¹; Massas fresca e seca totais das plântulas - determinadas após 28 dias da semeadura, em balança analítica (0,0001 g) e após a obtenção da massa fresca, as plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, mantidas em estufa de convecção a 72 °C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas, obtendo-se a massa seca total e os resultados expressos em mg planta⁻¹.

O experimento foi representado pelas combinações das quatro altitudes e dos três híbridos, totalizando 12 tratamentos. Os dados foram submetidos a análise de variância, obtendo-se os coeficientes de variação da parcela, da subparcela e genético, assim como a herdabilidade para cada caractere avaliado, considerando o modelo delineamento de blocos ao acaso, arranjo em parcela subdividida, considerando o fator A (P) fixo (altitudes) e o fator B (S) aleatório (híbridos), tendo o componente genético como a subparcela e o componente ambiental o Erro A, utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2016), sendo: $Y_{ijk} = u + P_i + B_j + E_a + S_k + P_{Sik} + E_b$, e em que:

Y = vetor de dados;

u = média geral;

P_i = vetor dos efeitos do fator A (alocados nas parcelas, assumido como fixo);

B_j = vetor dos efeitos do fator B (alocados nas subparcelas, assumido como aleatório);

E_a = erro associados à interação do fator A (altitudes) com o fator repetições;

S_k = vetor dos efeitos de blocos ou repetições;

PS_{ik} = vetor dos efeitos da interação fator B x fator A, ou a interação híbridos x altitude;

E_b = erro associado aos resíduos do fator B (híbridos).

Para identificação da combinação entre a altitude x híbrido de maior desempenho foram realizadas análises multivariadas considerando 12 tratamentos, que foram representados pelas combinações das quatro altitudes e dos três híbridos.

Os caracteres foram separados em grupos: análise agronômica; análise físico e química do fruto; análise física e bioquímica das sementes e qualidade fisiológica das sementes.

Foi obtida uma matriz de correlação fenotípica para a retirada dos caracteres com correção maior que 0,90. Os dados foram padronizados e foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade, sendo excluídos os caracteres com altos valores para o fator de inflação da variância (VIF), a fim de obter um conjunto de multicaracterísticas que apresentassem colinearidade fraca.

Com este conjunto de caracteres foi obtida a matriz de Distância Euclidiana Média Padronizada e, posteriormente, foi realizada análise de coordenadas principais (PCoA) com o programa DarWin, obtendo-se a dispersão dos dois eixos representando a maior parte da variação observada. Para a determinação das características de maior importância na discriminação dos tratamentos (altitudes x híbridos), foram identificadas as características de maior peso nos primeiros autovetores e realizada a análise de contribuição relativa de Singh (1981) com base na distância de Mahalanobis. As análises foram realizadas utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2016).

Por fim, considerando o efeito significativo da interação para os caracteres de maior contribuição para as análises multivariadas em cada grupo de característica foram apresentadas as médias para cada uma das interações.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de Singh (1981), baseado na distância de Mahalanobis, considera de maior importância características que expressam maior variabilidade, sendo que a maior contribuição de características relativa à

análise agrônômica (A) foi o número de frutos por planta (NFP - 99,53%); para a análise físico químico do fruto (B), o rendimento de polpa (R - 60,44%) e o comprimento do fruto (CF - 19,73%); para a análise físico química da semente (C), a cinza (26%), diâmetro da semente (DS - 16,75%), açúcar (13,44%), fibra (13,31%) e fenol (11,23%) e para a qualidade fisiológica das sementes (D), índice de velocidade de germinação (IVG - 23,53%), comprimento da raiz (CR - 21,60%), germinação (20,31%) e comprimento da parte aérea (19,03%) (Figura 1).

O grande interesse na avaliação da importância relativa dos caracteres reside na possibilidade de descartarem características que cooperem pouco para a discriminação do material avaliado, diminuindo mão-de-obra, tempo e custo despendidos na experimentação (CORREA; GONÇALVES, 2012).

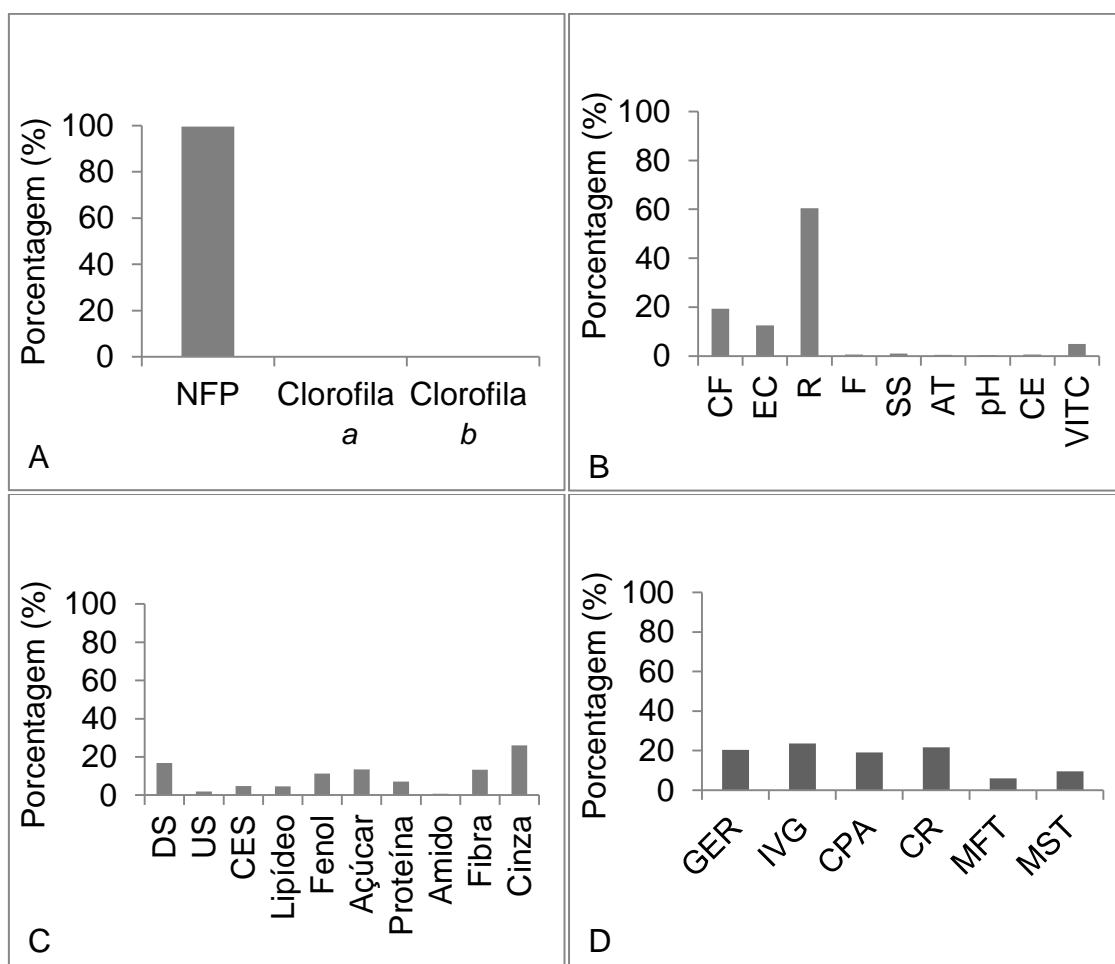


Figura 1 - Importância de caracteres, pelo método proposto por Singh (1981), baseado em D^2 de Mahalanobis relacionadas à análise agrônômica (A); análise física e química dos frutos (B); análise física e bioquímica das sementes (C) e

qualidade fisiológica das sementes (D) de híbridos de maracujazeiros nas diferentes altitudes.

Legenda: NFP: número de frutos por planta; CF: comprimento do fruto; EC: espessura da casca; R: rendimento de polpa; F: firmeza do fruto; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; VIT C: vitamina C; DS: diâmetro da semente; US: teor de água da semente; CES: condutividade elétrica das sementes; GER: germinação; IVG: índice de velocidade de germinação; CPA: comprimento da parte aérea; CR: comprimento da raiz; MFT: massa fresca total e MST: massa seca total.

As estimativas dos coeficientes genéticos para cada característica avaliada podem ser observadas na Tabela 3.

A utilização de estimativas de parâmetros genéticos para o melhoramento de plantas é importante na identificação da variabilidade genética, proporcionando ganhos de seleção, devido ao entendimento das causas genéticas e ambientais (ou experimentais) atribuídas ao fenótipo (CRUZ et al., 2011).

Os coeficientes de variação genética (CVg), coeficiente de variação da parcela (CVP) e coeficiente de variação da subparcela (CVS) apresentaram valores semelhantes para cada característica. O coeficiente de variação genética (CVg), calculado como a razão entre o desvio padrão genético e a média dos híbridos apresentou maior valor para o amido (14,90). O CVg é um importante indicador da grandeza relativa por meio da seleção para cada característica (MENGARDA et al., 2015).

O coeficiente de variação da parcela (CVP), calculado como a razão entre o desvio padrão da parcela e a média dos híbridos apresentou maior valor para o comprimento da raiz (110,54) e o coeficiente de variação da subparcela (CVS), calculado como a razão entre o desvio padrão da subparcela e a média dos híbridos apresentou maior valor para o comprimento da raiz (112,33).

A relação CVg/CVP, que representa a razão entre as variações decorrentes das causas genéticas e das parcelas (híbridos), apresentou maior valor para o rendimento do fruto (8,23); a relação CVg/CVS, a razão entre as variações decorrentes das causas genéticas e das subparcelas (altitudes), apresentou maior valor para o rendimento da polpa (5,52) e a relação

CVP/CVS, que representa a razão entre as variações das parcelas e das subparcelas, apresentou maior valor para o índice de clorofila *b* (1,56).

Em geral, a estimativa de herdabilidade (h^2) apresentou valores variando de 49,88 (índice de clorofila *a*) a 99,91% para o rendimento da polpa (Tabela 3). As diferenças observadas nos valores das estimativas de herdabilidade são aceitáveis, já que é uma estimativa mutável de acordo com vários fatores, destacando-se a estrutura genética da população avaliada (SANTOS et al., 2015) e as mudanças nos parâmetros genéticos e fenotípicos.

Características que apresentem altos valores de estimativa de herdabilidade representam a possibilidade de ganhos expressivos no processo de seleção (CARDOSO et al., 2009).

A herdabilidade no sentido amplo é considerada a variabilidade genética total em relação à fenotípica, e a herdabilidade no sentido restrito apenas é considerada a porção da variância genética aditiva em relação à fenotípica. A herdabilidade no sentido restrito é a mais explorada pelos programas de melhoramento que tem como alvo de estudo espécies de reprodução cruzada, como é o caso do maracujazeiro-amarelo (VIANA; GONÇALVES, 2005).

A herdabilidade juntamente com o coeficiente de determinação genotípico determinam a quantidade da variação fenotípica que pode ser atribuída a causas genéticas e, assim, a possibilidade de obter mudanças para certa característica por meio da seleção (CRUZ et al., 2011).

Tabela 3 - Coeficiente de variação genético (CVg), coeficiente de variação da parcela (CVP), coeficiente de variação da subparcela (CVS) e herdabilidade (h^2) para 28 variáveis relacionadas à análise agrônômica, análise física e química do fruto, análise física e bioquímica das sementes e qualidade fisiológica das sementes de híbridos de maracujazeiros em diferentes altitudes

Características	Média	CVg	CVP	CVS	CVg/CVP	CVg/CVS	CVP/CVS	h^2
Número de frutos por planta	28,75	7,82	3,17	2,24	2,46	3,49	1,41	98,98
Índice de clorofila <i>a</i>	38,93	2,31	9,29	6,77	0,24	0,34	1,37	49,88
Índice de clorofila <i>b</i>	9,66	0,00	25,50	16,34	0,00	0,00	1,56	0,00
Comprimento do fruto (cm)	8,92	3,90	1,01	2,34	3,86	1,66	0,43	99,58
Espessura do fruto (cm)	6,88	5,38	2,66	2,28	2,02	2,35	1,16	98,48
Rendimento da polpa (%)	44,24	8,46	0,98	1,53	8,63	5,52	0,64	99,91
Firmeza do fruto ($g\ f^{-1}$)	213,43	9,20	12,48	13,94	0,73	0,65	0,89	89,69
Sólidos solúveis totais (°Brix)	14,78	2,39	4,12	3,68	0,58	0,64	1,11	84,35
Acidez titulável	3,69	5,21	11,85	10,53	0,43	0,49	1,12	75,53
pH	2,90	1,56	2,48	2,20	0,62	0,70	1,12	86,34
Condutividade elétrica da polpa ($\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$)	1,23	12,29	16,84	17,73	0,72	0,69	0,94	89,50
Vitamina C (mg)	42,23	8,39	5,38	5,00	1,55	1,67	1,07	97,48
Diâmetro da semente (mm)	4,46	4,18	1,21	1,12	3,45	3,73	1,08	99,47
Teor de água da semente (%)	8,99	0,80	1,64	1,59	0,48	0,50	1,03	79,52
Condutividade elétrica da semente ($\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$)	6,81	11,70	8,84	9,47	1,32	1,23	0,93	96,54
Lipídeo (%)	6,95	5,28	13,54	12,61	0,38	0,41	1,07	70,89
Fenol (%)	1,19	5,07	9,44	8,37	0,53	0,60	1,12	82,20
Açúcar (%)	1,61	6,30	25,13	19,05	0,25	0,33	1,31	50,15
Proteína (%)	13,32	5,09	9,49	14,52	0,53	0,35	0,65	82,14
Amido (%)	11,09	14,90	16,65	13,83	0,89	1,07	1,20	92,76
Fibra (%)	52,85	2,54	3,09	4,03	0,82	0,63	0,76	91,53
Cinza (%)	1,92	3,23	11,77	20,20	0,27	0,15	0,58	54,72
Germinação (%)	86,00	0,00	7,29	4,91	0,00	0,00	1,48	0,00
Índice de velocidade de germinação	2,20	0,00	9,85	7,91	0,00	0,00	1,24	0,00
Comprimento da parte aérea (cm)	3,91	0,00	4,44	5,03	0,00	0,00	0,88	0,00
Comprimento da raiz (cm)	3,86	0,00	110,54	112,33	0,00	0,00	0,98	0,00
Massa fresca total (mg)	61,02	7,97	9,50	11,88	0,83	0,67	0,79	91,85
Massa seca total (mg)	6,83	2,09	8,19	6,17	0,25	0,33	1,32	51,02

A Análise das Coordenadas Principais (PCoA) com o caractere análise agrônômica de híbridos para 12 tratamentos (combinações de altitudes x híbridos de maracujazeiros) apresentou 91,33% da variância total (Figura 2). É possível observar que o híbrido BRS Gigante Amarelo a 41 m de altitude (2), o híbrido BRS Rubi do Cerrado a 104 m (4) e o BRS Sol do Cerrado a 104 m (6) apresentaram maiores desempenhos de número de fruto por planta, índice de clorofila *a* e *b*, ou seja, características agrônômicas.

O maracujazeiro desenvolve-se melhor em regiões tropicais e subtropicais, com temperatura média mensal de 20 a 32 °C, não suportando geadas e ventos frios (ALMEIDA et al., 2015).

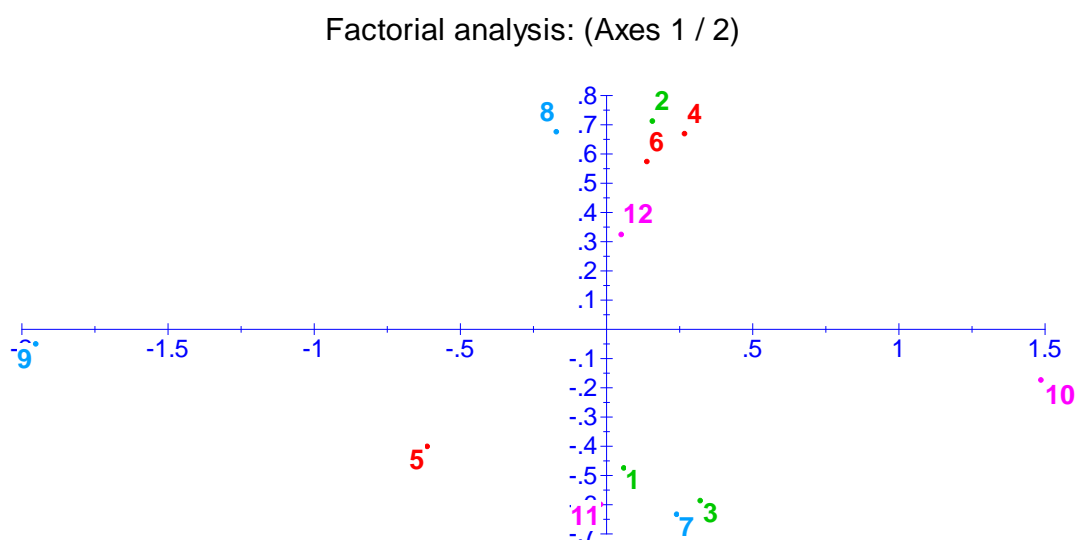


Figura 2 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere análise agrônômica de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros): 1 = altitude 41 m e BRS Rubi do Cerrado; 2 = altitude 41 m e BRS Gigante Amarelo; 3 = altitude 41 m e BRS Sol do Cerrado; 4 = altitude 104 m e BRS Rubi do Cerrado; 5 = altitude 104 m e BRS Gigante Amarelo; 6 = altitude 104 m e BRS Sol do Cerrado; 7 = altitude 711 m e BRS Rubi do Cerrado; 8 = altitude 711 m e BRS Gigante Amarelo; 9 = altitude 711 m e BRS Sol do Cerrado; 10 = altitude 1016 m e BRS Rubi do Cerrado; 11 = altitude 1016 m e BRS Gigante Amarelo; 12 = altitude 1016 m e BRS Sol do Cerrado) (representando 91,33% da variância total, sendo autovalor do eixo 1 = 60,79% e do eixo 2 = 30,54%).

A Análise das Coordenadas Principais (PCoA) com o caractere análise físico químico do fruto apresentou 41,07% da variância total (Figura 3). O híbrido BRS Gigante Amarelo a 711 m de altitude (8), o híbrido BRS Sol do Cerrado a 104 m (6) e o BRS Rubi do Cerrado a 104 m (4) apresentaram maiores desempenhos físico químico para frutos de maracujazeiros.

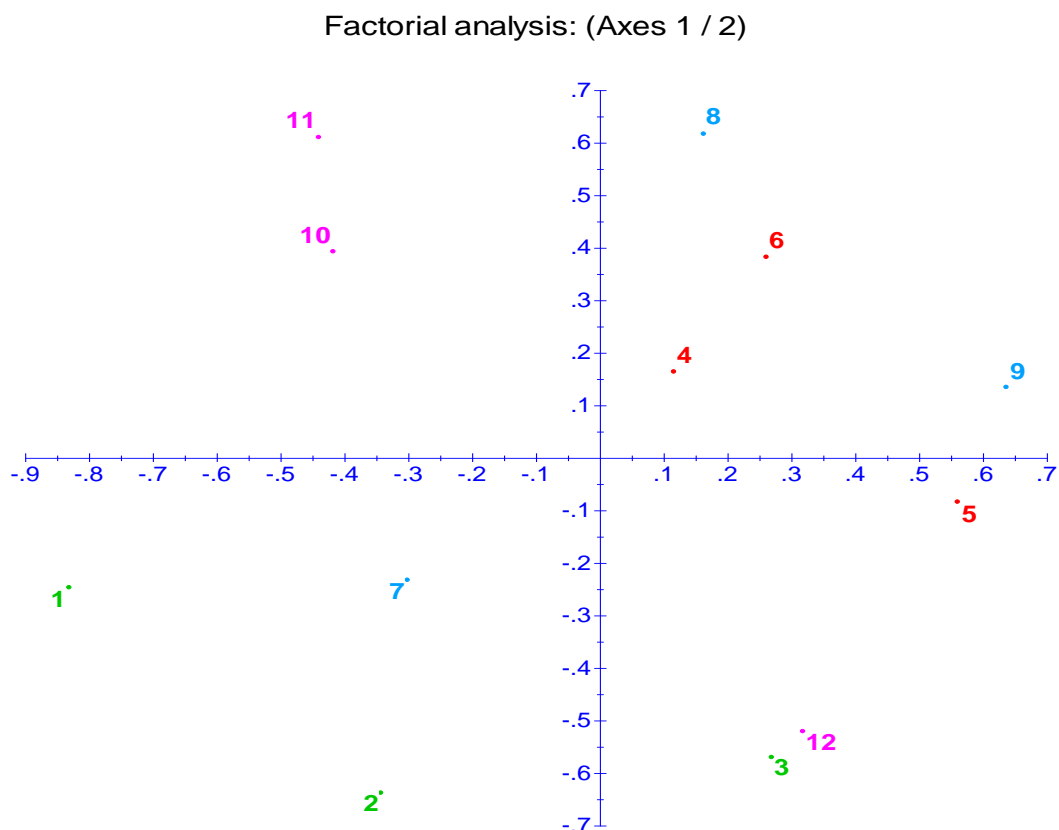


Figura 3 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere análise física e química do fruto de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros): 1 = altitude 41 m e BRS Rubi do Cerrado; 2 = altitude 41 m e BRS Gigante Amarelo; 3 = altitude 41 m e BRS Sol do Cerrado; 4 = altitude 104 m e BRS Rubi do Cerrado; 5 = altitude 104 m e BRS Gigante Amarelo; 6 = altitude 104 m e BRS Sol do Cerrado; 7 = altitude 711 m e BRS Rubi do Cerrado; 8 = altitude 711 m e BRS Gigante Amarelo; 9 = altitude 711 m e BRS Sol do Cerrado; 10 = altitude 1016 m e BRS Rubi do Cerrado; 11 = altitude 1016 m e BRS Gigante Amarelo; 12 = altitude 1016 m e BRS Sol do Cerrado) (41,07% da variância total, com CP1 = 20,74% e CP2 = 20,33%).

Para a análise física e bioquímica das sementes pelo (PCoA) apresentou 50,43% da variância total (Figura 4). O híbrido BRS Gigante Amarelo a 711 m de altitude (8) e a 104 m (5) apresentaram maiores desempenhos físico e bioquímico das sementes de maracujazeiros.

A relação direta entre a massa da semente com a altitude poderá ser influenciada por fatores que poderão covariar juntamente com a variação de altitude (GUO et al., 2010). Fatores intrínsecos a planta matriz, que afetam diretamente a massa das sementes, como por exemplo, o tamanho e o número de sementes por fruto poderão ser influenciados pela variação de altitude confundindo o efeito direto da altitude sobre a massa das sementes (BOLMGREN; COWAN, 2008).

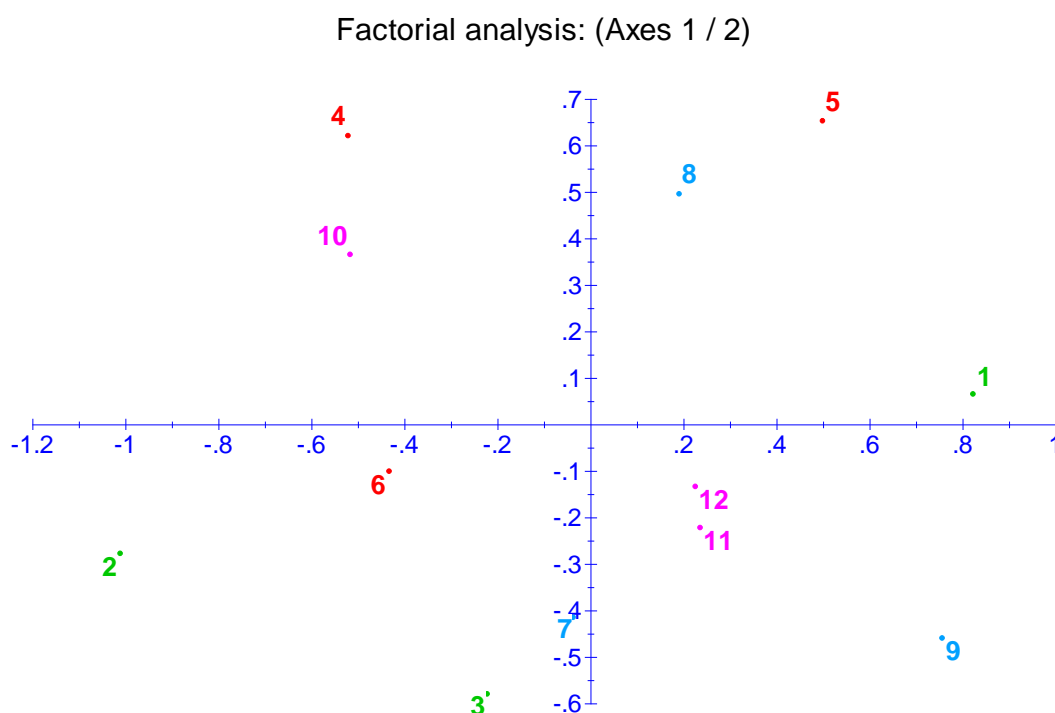


Figura 4 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere análise física e bioquímica das sementes de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros): 1 = altitude 41 m e BRS Rubi do Cerrado; 2 = altitude 41 m e BRS Gigante Amarelo; 3 = altitude 41 m e BRS Sol do Cerrado; 4 = altitude 104 m e BRS Rubi do Cerrado; 5 = altitude 104 m e BRS Gigante Amarelo; 6 = altitude 104 m e BRS Sol do Cerrado; 7 = altitude 711 m e BRS Rubi do Cerrado; 8 = altitude 711 m e BRS Gigante Amarelo; 9 = altitude 711 m e BRS Sol do Cerrado; 10 = altitude 1016 m e BRS Rubi do Cerrado; 11 =

altitude 1016 m e BRS Gigante Amarelo; 12 = altitude 1016 m e BRS Sol do Cerrado) (50,43% da variância total, com CP1 = 31,49% e CP2 = 18,94%).

Para a análise da análise qualidade fisiológica das sementes pelo (PCoA) apresentou 82,76% da variância total (Figura 5). O híbrido BRS Sol do Cerrado a 1016 m de altitude (12) apresentou maior desempenho de qualidade fisiológica das sementes de maracujazeiros.

Maiores altitudes podem favorecer a formação de sementes maiores, mais rápida e maior porcentagem de germinação e uma elevada qualidade das sementes (CHEN et al., 2017).

A expressão do fenótipo resulta da interação do genótipo com o ambiente. Quando se consideram vários ambientes, além dos efeitos do genótipo e do meio, há também o efeito causado pela interação destes dois fatores (RESENDE, 2007). Na avaliação de cultivares em diversos ambientes verifica-se o comportamento diferenciado diante das variações dos ambientes nos quais os experimentos estão instalados (ROSADO et al., 2012).

Factorial analysis: (Axes 1 / 2)

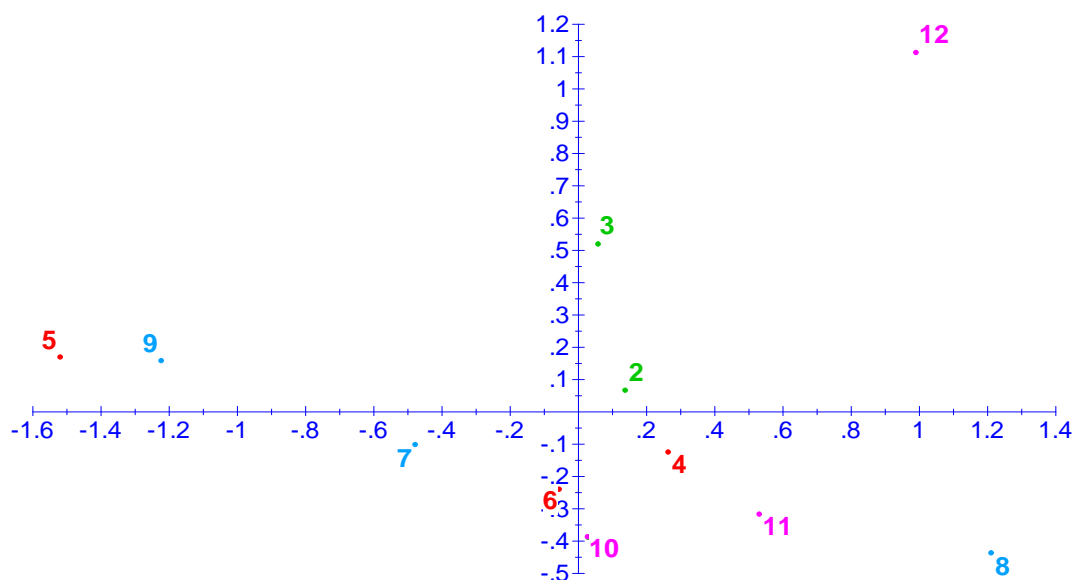


Figura 5 - Análise gráfica de coordenadas principais com o caractere qualidade fisiológica das sementes de híbridos para 12 tratamentos (altitudes x híbridos de maracujazeiros): 1 = altitude 41 m e BRS Rubi do Cerrado; 2 = altitude 41 m e BRS Gigante Amarelo; 3 = altitude 41 m e BRS Sol do Cerrado; 4 = altitude

104 m e BRS Rubi do Cerrado; 5 = altitude 104 m e BRS Gigante Amarelo; 6 = altitude 104 m e BRS Sol do Cerrado; 7 = altitude 711 m e BRS Rubi do Cerrado; 8 = altitude 711 m e BRS Gigante Amarelo; 9 = altitude 711 m e BRS Sol do Cerrado; 10 = altitude 1016 m e BRS Rubi do Cerrado; 11 = altitude 1016 m e BRS Gigante Amarelo; 12 = altitude 1016 m e BRS Sol do Cerrado) (82,76% da variância total, com CP1 = 62,38% e CP2 = 20,38%).

4.4 CONCLUSÃO

Número de frutos por plantas é a característica de maior importância nas análises dos híbridos de maracujazeiros nas diferentes altitudes.

Os híbridos em baixa altitude (41 e 104 m) apresentam maiores desempenhos agrônômicos e as sementes do híbrido BRS Sol do Cerrado a 1016 m de altitude apresenta maior qualidade fisiológica de sementes.

4.5 REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, R. S.; OTONI, W. C.; DIAS, J. M.; BRUCKNER, C. H.; LOPES, J. C. Propagação vegetativa *ex vitro* do maracujazeiro: estaquia e enxertia. In: ALEXANDRE, R. S.; BRUCKNER, C. H.; LOPES, J. C. **Propagação do maracujazeiro: aspectos morfológicos, fisiológicos e genéticos**. Vitória, ES: EDUFES, 2009. 210 p.
- ALMEIDA, G. Q.; DE OLIVEIRA SILVA, J.; CABRAL, L. T. S.; MATOS, G. R.; MENEGUCI, J. L. P. Influência da iluminação artificial no florescimento dos parentais de híbridos de maracujá (*Passiflora edulis*). **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 2, p. 117-123, 2015.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed. Arlington, 1990, v. 1, p. 685-1213.
- BARBOSA, R. M.; LEÃO, E. F.; CAPRIO, C. H.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 646-651, 2012.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOLMGREN, K.; COWAN, P. D. Time-size tradeoffs: a phylogenetic comparative study of flowering time, plant height and seed mass in a north

- temperate flora. **Oikos**, v. 117, n. 3, p. 424-429, 2008.
- BORGES, A. L.; LIMA, A. A. Maracujazeiro. In: CRISOSTOMO, L.A.; NAUMOV, A. **Aduando para alta produtividade e qualidade**: fruteiras tropicais do Brasil. Fortaleza, Potassa, Boletim 18, 2009. 166-181p.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 9-18, 2000.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS. 399 p. 2009.
- CARDOSO, D. L.; SILVA, R. F.; PEREIRA, M. G.; VIANA, A. P. Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 572-579, 2009.
- CHEN, J.; CHANG, S.; NIU, Y.; LI, Z.; YANG, Y.; SUN, H. Seed quality of the Sino-Himalayan endemic genus *Cyananthus* (Campanulaceae) increases with elevation and varies with life histories. **Plant Ecology & Diversity**, v. 10, n.1, p. 1-10, 2017.
- CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 206-212, 2012.
- CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistic sand quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p.271-276, 2016.
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, 620p.
- EMBRAPA CERRADOS E EMBRAPA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA. BRS **Gigante Amarelo**: híbrido de maracujazeiro-azedo de alta produtividade. Planaltina, DF: 2009.
- FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. **Maracujá**. 2010.

Publicado no site da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira/CEPLAC.

GUO, H.; MAZER, S. J.; DU, G. Geographic variation in seed mass within and among nine species of *Pedicularis* (Orobanchaceae): effects of elevation, plant size and seed number per fruit. **Journal of Ecology**, v. 98, n. 5, p. 1232-1242, 2010.

HODGE, J. E.; HOFREITER, B. T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J. E.; WOLFROM, M. L. (Ed.). **Methods in Carbohydrate Chemistry**, v. 1, p. 380-394, 1962.

IBGE, 2017 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2017) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 Jan 2018.

JOËT, T.; LAFFARGUE, A.; DESCROIX, F.; DOULBEAU, S.; BERTRAND, B.; DUSSERT, S. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green *Coffea arabica* beans. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.

LOPES, J. C.; TIRADENTES, A. T.; ALEXANDRE, R. S. Emergência e crescimento inicial de plântulas de maracujazeiro para obtenção de porta enxertos. **Magistra**, v. 25, n. 1, p. 55-62, 2013.

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

MENGARDA, L. H. G.; LOPES, J. C.; ZANOTTI, R. F.; ALEXANDRE, R. S. Diversity analysis of papaya (*Carica papaya* L.) genotypes related to seed quality. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 3, p. 223-231, 2015.

NEVES, C. G.; NUNES, O. J.; LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, E. J. Avaliação agrônômica de parentais e híbridos de maracujazeiro- amarelo. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 35, n. 1, p.191-198, 2013.

PLUES, A. R. Seed weight increases with altitude in the Swiss Alps between related species but not among populations of individual species. **Oecologia**, v. 144, n. 1, p. 55-61, 2005.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 100 p. (Documentos).

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L.

L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SANTOS, G. A.; VILELA RESENDE, M. D.; DUQUE SILVA, L.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Interação genótipos x ambientes para produtividade de clones de *Eucalyptus* no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 39, n.1, p. 81-91, 2015.

SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 166 p, 1981.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

VIANA, A. P.; GONÇALVES, G. M. Genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. 25 (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p. 243-274.

ZHU, J. T.; LI, X. Y.; ZHANG, X. M.; ZENG, F. J.; LIN, L. S.; YANG, S. G.; WANG, H. Ecophysiological adaptation of *Calligonum roborovskii* to decreasing soil water content along the altitudinal gradient in the Kunlun Mountains, Central Asia. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 57, n. 6, p. 826-832, 2010.

5 CAPÍTULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS DE DIFERENTES ALTITUDES

RESUMO: Estresses hídrico e salino têm efeito na germinação, no crescimento e no desenvolvimento das plantas, Objetivou-se estudar o comportamento de sementes e plântulas de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes do estado do Espírito Santo, sob estresses hídrico e salino. Os frutos foram colhidos em pomares localizados em altitudes variando em 41; 104; 711 e 1016 m, as sementes foram extraídas com auxílio de uma colher esterilizada, removida a polpa com a técnica da cal extinta e mantidas sobre papel germitest para ajuste de teor de água a 10-12%. Os tratamentos de estresse foram: hídrico, com manitol e salino, com cloreto de potássio (KCl) ambos nas concentrações de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 25 sementes, semeadas em rolos de papel tipo germitest, e as contagens de germinação realizadas diariamente até os 28 dias após a semeadura e calculado o índice de velocidade de germinação. Os estresses hídricos e salinos prejudicam a germinação e crescimento das plântulas a partir do potencial -0,8 MPa e os híbridos a 41 m de altitude apresentou menores danos devido seu local de origem.

Palavras-chave: *Passiflora* spp. Genótipos. Cloreto de potássio. Manitol. Germinação. Vigor.

ABSTRACT: The objective of this study was to study the behavior of seedlings and seedlings of hybrids of passion fruit cultivated at different altitudes of the State of Espírito Santo under water and saline stresses. The fruits were harvested in orchards located at altitudes varying in 41; 104; 711 and 1016 m, the seeds were extracted with a sterilized spoon, the pulp was removed using the extinct lime technique and kept on germitest paper to adjust the water content to 10-12%. The stress treatments were: hydric, with mannitol and saline, with potassium chloride (KCl) both at concentrations of 0,0; -0.2; -0.4; -0.6 and -0.8 MPa. The germination test was conducted with four replicates of 25 seeds, seeded in germitest paper rolls, and the germination counts were performed daily up to 28 days after sowing and the germination rate index was calculated. The water and saline stresses affect seedling germination and growth from the potential -0.8 MPa and the hybrids at 41 m altitude presented

smaller damages due to their place of origin.

Keywords: *Passiflora* spp. Genotypes. Potassium chloride. Mannitol. Germination. Vigor.

5.1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro pertence à família Passifloraceae, é originário da América Tropical, com mais de 150 espécies de Passifloraceae nativas no Brasil. Por ter origem tropical, o Brasil apresenta excelentes condições para seu cultivo, destacando-se dentre as espécies mais cultivadas no Brasil e no mundo o maracujá-amarelo, também conhecido como maracujá azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener), maracujá-roxo (*Passiflora edulis* Sims) e o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) (FALEIRO, 2011).

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores e consumidores mundiais do maracujá, com uma produção de 694.539 toneladas em uma área de 50.204 ha, destacando-se no agronegócio da produção de frutas e contribuindo para o desenvolvimento do setor agrícola (IBGE, 2017). No Estado, o maracujazeiro é cultivado principalmente em Vila Valério, Afonso Cláudio, Santa Maria de Jetibá, Domingos Martins e Sooretama (CEASA, 2016).

Regiões com altitude entre 100 a 1000 m são as mais indicadas para o cultivo de maracujazeiros (FRAIFE FILHO et al., 2010), permitindo que a cultura seja cultivada principalmente no estado do Espírito Santo.

As variações altitudinais são consideradas um dos principais gradientes que influenciam no crescimento das plantas e são capazes de propiciar mudanças em sua fisiologia. Frutos e sementes de diferentes localidades geográficas permitem estudar e identificar as diferenças fenotípicas determinadas pelas variações ambientais, principalmente porque uma região pode ser adequada para a expressão de determinadas características, que em outro local não se manifestariam (BOTEZELLI et al., 2000).

Os aspectos fisiológicos, metabólicos e nutricionais das plantas são afetados pelos efeitos dos estresses hídricos e salinos prejudicando, assim, o crescimento das plantas (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010). Araújo et al. (2013) observaram que o aumento da salinidade da água, reduziu a percentagem de emergência em plantas de maracujazeiro amarelo. Ahmed e Montani (2010)

relataram que os efeitos mais marcantes da salinidade sobre as plantas refletem em alterações do potencial osmótico, da toxicidade iônica e do desequilíbrio da absorção dos nutrientes, reduzindo assim o seu crescimento, com sérios prejuízos à atividade agrícola.

As espécies se comportam de forma diferenciada quanto aos efeitos dos sais, ou seja, cada espécie tolera certo nível de salinidade, sem perder a capacidade produtiva, nível de tolerância que é conhecido como salinidade limiar (ELOI et al., 2011), fator que sugere a análise de crescimento como uma técnica válida para o estudo das bases fisiológicas da produção e da influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas.

Embora o desenvolvimento de tecnologias adequadas para exploração de áreas com presença de sal seja importante, o avanço das pesquisas na busca de espécies e cultivares mais tolerantes ao sal ainda não alcançou níveis satisfatórios.

Objetivou-se estudar o estresse hídrico e salino em sementes de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes do estado do Espírito Santo.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), no campus do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), em Alegre-ES. Foram utilizadas sementes de frutos de híbridos de maracujás provenientes da Embrapa Cerrado (BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC e BRS Sol do Cerrado - BRS SC) (Tabela 1), cultivados em quatro altitudes no Sul do estado do Espírito Santo (Figura 1).

Tabela 1 - Origem dos genótipos utilizados

Genótipo	Origem
BRS Gigante Amarelo	MSC (matriz derivada da seleção Sul Brasil) x GA (matriz derivada da seleção Redondão)
BRS Rubi do Cerrado	Híbrido F1 obtido do cruzamento entre as matrizes CPAC-MJ-M-08 e CPAC-MJ-M-06
BRS Sol Cerrado	GA-2 x MA (matriz derivada da seleção Redondão)

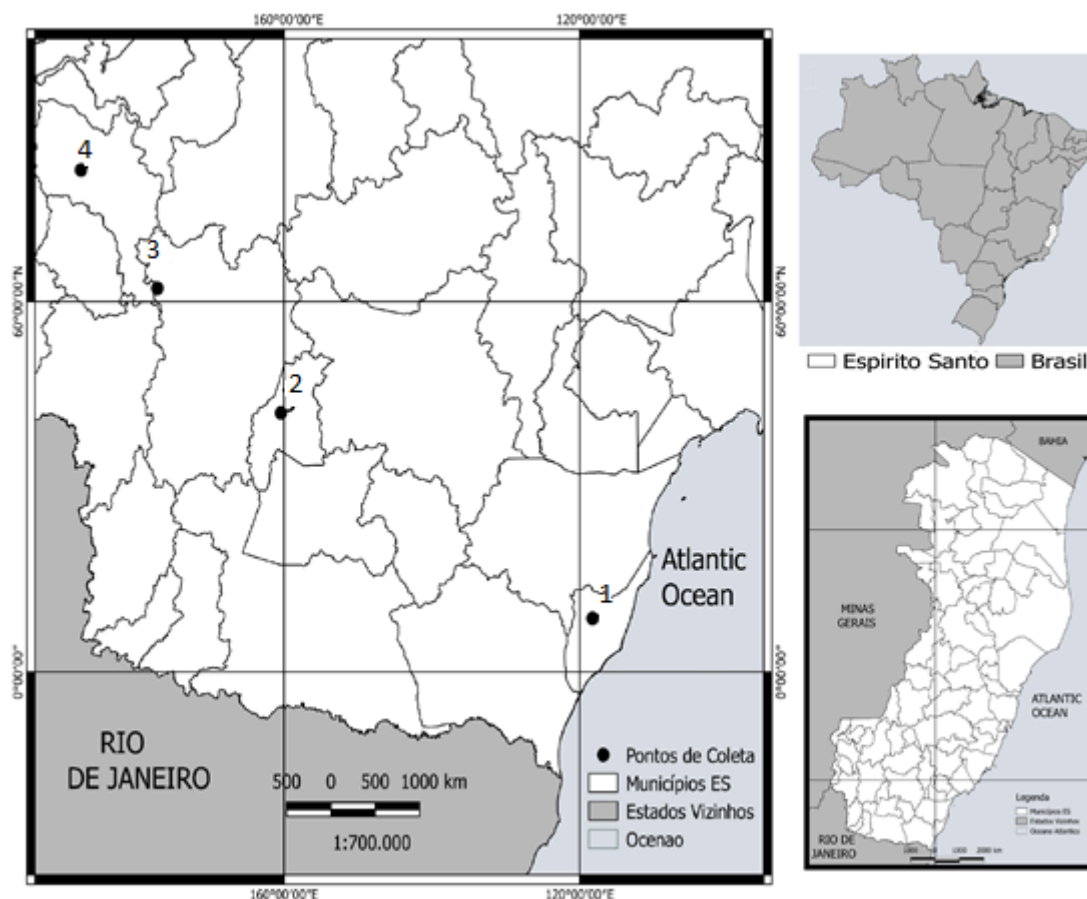


Figura 1 - Locais de amostragem de *Passiflora* spp. no estado do Espírito Santo, Brasil. Os pontos indicam as localidades amostradas: 1 (Marataízes - 41 m); 2 (Jerônimo Monteiro - 104 m); 3 (Alegre - 711 m) e 4 (Ibitirama - 1016 m)

As sementes de frutos maduros e recém-colhidos foram extraídas com auxílio de uma colher esterilizada, removida a polpa com a técnica da cal extinta, sobre uma peneira. Em seguida, as sementes contendo a mucilagem foram lavadas e mantidas sobre papel tipo germitest à sombra para secagem até a umidade atingir níveis oscilando entre 10 a 12%.

O estresse hídrico foi induzido com manitol e o estresse salino com cloreto de potássio (KCl) ambos nas concentrações de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa, segundo a equação proposta por Van't Hoff (SALISBURY; ROSS, 1992). As avaliações constaram do teste de germinação e índice de velocidade de germinação das sementes.

A germinação foi conduzida com quatro repetições (subamostras) de 25 sementes, para cada tratamento, semeadas em rolos de papel, tipo germitest, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel

seco. Os rolos foram acondicionados na posição vertical, em cubas de plástico, contendo uma lâmina de água destilada, para evitar perda de umidade e mantidos em germinador (BOD, modelo 347 CD), regulada a temperatura alternada de 20-30 °C, na ausência de luz. As contagens foram realizadas até 28 dias após a semeadura (BRASIL, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação. A germinação foi caracterizada pela emissão da raiz primária com comprimento maior ou igual a 2 mm. Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação.

O índice de velocidade de germinação foi determinado concomitante com o teste de germinação, utilizando-se os dados das contagens diárias do teste de germinação, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão da raiz primária com comprimento ≥ 2 mm. O cálculo do IVG foi realizado segundo a metodologia proposta por Maguire (1962).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5 (quatro altitudes x cinco potenciais osmóticos). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos e à análise de variância, e quando o valor de F foi significativo em nível de 5%, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey. Para o efeito dos potenciais osmóticos, os dados foram submetidos à análise de regressão e, para o ajuste das equações ($\hat{Y} =$) quadráticas foi utilizado como critério a significância dos betas ($p \leq 0,05$). Para todas as análises foi utilizado o programa estatístico R, empregando-se o pacote ExpDes (R CORE TEAM, 2017).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre altitudes x potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Passiflora* spp., cultivadas em diferentes altitudes sob condição de estresse hídrico com manitol (Tabela 2).

Tabela 2 - Germinação (%) de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse hídrico com manitol em diferentes potenciais osmóticos

Altitude (m)	Potencial osmótico (MPa)					Equação de regressão	R ²
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8		
BRS GA							
41	48 b ⁽¹⁾	61 a	46 a	40 b	44 a	-	-
104	98 a	40 b	26 b	30 c	21 c	92,37** - 247,71**x + 207,14**x ²	91,81
711	98 a	40 b	41 a	36 bc	30 b	90,82** - 209,53**x + 174,10**x ²	85,46
1016	96 a	63 a	46 a	48 a	16 c	88,90**x - 88,00**x	90,39
CV (%) = 8,76							
BRS RC							
41	72 b	64 a	64 a	51 a	43 a	73,15** - 35,37**x	94,02
104	94 a	26 b	29 c	18 b	12 b	85,89** - 242,67**x + 195,53**x ²	86,60
711	92 a	0 c	0 d	0 c	0 c	81,48** - 354,85**x + 328,57**x ²	85,71
1016	93 a	60 a	52 b	50 a	0 c	86,20** - 58,00**x - 49,99**x ²	87,62
CV (%) = 9,63							
BRS SC							
41	50 b	72 a	67 a	72 a	61 a	51,90** + 92,42**x - 101,78**x ²	79,95
104	97 a	62 b	72 a	65 b	45 b	88,10** - 50,25**x	70,45
711	99 a	63 b	52 b	41 d	35 c	94,74** - 152,05**x + 98,66**x ²	98,11
1016	99 a	74 a	65 a	53 c	45 b	97,42** - 108,78**x + 55,35**x ²	98,63
CV (%) = 5,96							

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra (híbridos) na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). **, * e ^{ns}: significância em nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente. R² = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

Para o híbrido BRS GA, os maiores valores de porcentagens de germinação foram obtidos em altitudes de 104 e 711 m, sem a condição de estresse hídrico (98%). Verifica-se que no potencial osmótico -0,2 MPa apresentou maiores valores de porcentagens de germinação, quando a 41 e 1016 m de altitude. Guedes et al. (2013) relataram que o menor potencial osmótico afeta negativamente a germinação e o crescimento inicial das plântulas, semelhante ao encontrado nesse trabalho. No potencial -0,4 MPa, houve menor porcentagem de germinação (26%) em altitude de 104 m, diferindo nas demais altitudes. Maior porcentagem de germinação foi obtida a 1016 m de altitude no potencial de -0,6 MPa (48%). Em potencial de -0,8 MPa, obteve-se a maior porcentagem de germinação em altitude de 41 m, correspondendo a 44% de germinação.

Em relação ao híbrido BRS RC, em altitude de 711 m é possível verificar que houve nula germinação sob a condição de estresse hídrico. O estresse hídrico geralmente atua reduzindo a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes, em que cada espécie apresenta um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (LOPES; MACEDO, 2008). No potencial $-0,8$ MPa, houve maior porcentagem de germinação a 41 m de altitude, apresentando 43%.

O híbrido BRS SC apresentou maiores valores de germinação (99%), quando também não submetido à condição de estresse hídrico. Observa-se que em altitudes de 711 e 1016 m, houve decréscimo linear da porcentagem de germinação em resposta aos potenciais osmóticos. A redução na germinação das sementes sob estresse hídrico, ou seja, sob baixos potenciais hídricos, se deve à redução na disponibilidade de água necessária para a ativação e manutenção do metabolismo das sementes (MUNS; TESTER, 2008; BEWLEY et al., 2013). Esse comportamento das sementes de frutos de maracujá cultivados em diferentes altitudes e submetidas à condição de estresse hídrico e salino caracterizam as expressões de cada genótipo e evidencia a sua adaptação à condição ambiental de diferentes altitudes ou locais de desenvolvimento da espécie, corroborando com os resultado obtidos por Gonçalves et al. (2009)

Houve interação significativa entre altitudes x potenciais osmóticos no índice de velocidade de germinação de sementes de *Passiflora* spp., cultivadas em diferentes altitudes sob condição de estresse hídrico com manitol (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse hídrico com manitol em diferentes potenciais osmóticos

Altitude (m)	Potencial osmótico (MPa)					Equação de regressão	R ²
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8		
BRS GA							
41	1,48 d ⁽¹⁾	2,31 a	2,26 a	1,32 ab	1,21 a	1,62 ^{**} + 3,19 ^{**} x - 4,92 ^{**} x ²	69,61
104	2,47 b	1,70 bc	1,04 c	1,04 b	0,75 b	2,46 ^{**} - 4,39 ^{**} x + 2,92 ^{**} x ²	97,56
711	3,22 a	1,37 c	2,31 a	1,55 a	1,04 ab	2,69 ^{**} - 2,02 ^{**} x	56,88
1016	1,92 c	2,05 ab	1,81 b	1,53 a	0,87 ab	1,92 ^{**} + 1,01 ^{ns} x - 2,89 ^{**} x ²	99,37
CV (%) = 14,29							
BRS RC							
41	2,46 a	2,52 a	2,09 a	2,45 a	1,74 a	2,55 ^{**} - 0,75 ^{**} x	51,43
104	2,20 a	1,04 b	1,52 b	0,56 c	0,51 b	1,94 ^{**} - 1,92 ^{**} x	74,03
711	2,24 a	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	1,98 ^{**} - 8,64 ^{**} x + 8,00 ^{**} x ²	85,71
1016	1,71 b	2,46 a	1,95 ab	1,51 b	0,00 c	1,76 ^{**} + 4,18 ^{**} x - 7,96 ^{**} x ²	97,30
CV (%) = 18,64							
BRS SC							
41	1,67 c	3,44 a	3,58 a	2,81 a	1,96 a	1,82 ^{**} + 8,78 ^{**} x - 11,01 ^{**} x ²	91,99
104	2,85 a	2,74 b	2,99 b	2,23 b	1,19 b	3,17 ^{**} - 1,91 ^{**} x	68,04
711	2,20 b	2,92 ab	2,07 c	2,15 bc	0,92 b	2,29 ^{**} + 2,58 [*] x - 5,30 ^{**} x ²	84,08
1016	2,42 ab	3,23 ab	3,12 ab	1,67 c	1,09 b	2,61 ^{**} + 3,58 [*] x - 7,17 ^{**} x ²	88,18
CV (%) = 11,86							

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra (híbridos) na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05). **, * e ^{ns}: significância em nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente. R² = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

Com base nos resultados obtidos, o híbrido BRS GA apresentou maiores valores de índice de velocidade de germinação em altitudes de 711 e 104 m (3,22 e 2,47 respectivamente) na ausência da condição de estresse hídrico. Em potencial osmótico -0,8 MPa, apresentaram os menores valores para o índice de velocidade de germinação.

Em relação ao híbrido BRS RC, na ausência de estresse hídrico, o menor valor para o índice de velocidade de germinação (1,71) foi obtido a 1016 m de altitude, diferindo das demais altitudes. Observa-se, que novamente o híbrido apresentou valor nulo de índice de velocidade de germinação em altitude de 711m sob efeito da condição de estresse. Verifica-se também, que os maiores valores foram obtidos quando em menores altitudes (41 m), para todos os potenciais osmóticos. Muitas das espécies crescem sob condições de baixa

altitude, e aquelas com maior adaptação às altitudes, são também as mais adaptadas às variações de latitude (PINTO, 2009).

O híbrido BRS SC apresentou maiores valores de índice de velocidade de germinação, quando em 41 m de altitudes de acordo com o aumento do potencial osmótico.

A velocidade de emergência é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo. Plântulas com maior IVG possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir aos estresses que porventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (DAN et al., 2010).

Houve interação significativa entre altitudes x potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Passiflora* spp., cultivadas em diferentes altitudes sob condição de estresse salino com cloreto de potássio (Tabela 4).

Tabela 4 - Germinação (%) de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse salino com cloreto de potássio em diferentes potenciais osmóticos

Altitude (m)	Potencial osmótico (MPa)					Equação de regressão	R ²
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8		
BRS GA							
41	48 b ⁽¹⁾	67 a	43 b	51 a	40 a	-	-
104	98 a	32 c	27 d	46 a	21 c	87,98** - 222,35**x + 191,07**x ²	71,32
711	98 a	44 b	34 c	52 a	30 b	90,27** - 193,96**x + 163,39**x ²	74,54
1016	96 a	63 a	62 a	52 a	25 bc	90,35** - 76,25**x	90,58
CV (%) = 7,35							
BRS RC							
41	72 b	62 a	49 b	38 a	34 a	70,90** - 49,37**x	97,07
104	94 a	31 b	34 c	25 b	16 b	86,05** - 217,19**x + 170,08**x ²	85,46
711	92 a	0 c	0 d	0 c	0 c	81,48** - 354,85**x + 328,57**x ²	85,71
1016	93 a	66 a	65 a	32 ab	16 b	92,10** - 94,50**x	95,21
CV (%) = 9,28							
BRS SC							
41	50 b	56 b	70 a	58 a	40 ab	47,92** + 95,28**x - 130,35**x ²	87,04
104	97 a	60 b	57 b	44 b	41 ab	95,48** - 154,60**x + 109,82**x ²	94,03
711	99 a	60 b	70 a	48 b	47 a	92,58** - 114,60**x + 72,32**x ²	82,00
1016	99 a	78 a	46 c	63 a	35 b	97,80** - 121,50**x + 62,50**x ²	82,43
CV (%) = 5,66							

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra (híbridos) na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05). **, * e ns: significância em nível de 1 e 5% e não

significativo, respectivamente. R^2 = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

Com base nos resultados obtidos, o híbrido BRS GA apresentou maiores médias de germinação a partir de 104 m de altitude sem o uso de solução salina (>96%). Para a solução salina com potencial de -0,2 MPa observou-se maiores porcentagens de germinação a 41 m e 1016 m de altitude (67 e 63%, respectivamente). Maior porcentagem de germinação foi obtida a 1016 m de altitude no potencial osmótico -0,4 MPa (62%). No potencial osmótico -0,8 MPa o maior percentual de germinação (40%) foi observado a 41 m de altitude. Analisando a porcentagem de germinação, observa-se que não ocorreu ajuste de equação para a altitude de 41 m. A análise de regressão mostrou um efeito quadrático para as altitudes 104 e 711 m. Verifica-se que a porcentagem de germinação decresceu linearmente em resposta aos potenciais osmóticos na maior altitude estudada (1016 m), com maior valor no potencial 0 MPa (Tabela 4). As maiores porcentagens de germinação foram oriundas dos menores potenciais osmóticos, o que sugere o efeito negativo do estresse salino sobre o desenvolvimento inicial das plântulas, corroborando com os resultados obtidos Ribeiro et al. (2014), no qual observaram que o maracujazeiro amarelo apresentou elevada sensibilidade aos sais.

O híbrido BRS RC apresentou maior porcentagem de germinação em altitudes acima de 104 m, sem condição de estresse salino, obtendo até 94% de germinação. Analisando os potenciais osmóticos, obteve-se maior porcentagem de germinação das sementes procedentes de frutos colhidos quando a 41 e 1016 m de altitude para todas as concentrações. Observa-se também, que em altitude de 711 m as sementes sofreram influência da condição de estresse salino, apresentando nula germinação em todas as concentrações. A germinação é afetada quando a difusão de água pelo simplasto das células é interrompida, devido aos potenciais hídricos mais negativos do meio (OLIVEIRA et al., 2009). O estresse salino tem efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ocasionar a sua morte (SOBHANIAN et al., 2011). A origem da semente também é um fator importante na germinação e diferentes populações de plantas podem manifestar variabilidade genética, resultando em diferentes comportamentos

germinativos (OLIVEIRA et al., 2008). Essas afirmativas podem justificar os resultados encontrados no presente estudo em relação ao decréscimo da germinação das sementes.

Assim como os demais, o híbrido BRS SC apresentou resultados com maiores porcentagens de germinação (>97%), em altitudes acima de 104 m, quando não submetido à solução salina. Para o potencial -0,2 MPa, observa-se que a maior porcentagem de germinação foi obtida a 1016 m de altitude, diferindo as demais altitudes. No potencial osmótico -0,4 MPa, a maior porcentagem foi obtida a 41 e 711 m de altitude, e a menor porcentagem a 1016 m de altitude (70 e 46%, respectivamente). Maior porcentagem de germinação foi obtida a 1016 m de altitude no potencial osmótico -0,6 MPa (63%). No potencial osmótico -0,8 MPa apresentou menor porcentagem de germinação a 1016 m de altitude (35%), não diferindo significativamente nas demais altitudes.

Houve interação significativa entre altitudes x potenciais osmóticos no índice de velocidade de germinação de sementes de *Passiflora* spp., cultivadas em diferentes altitudes sob condição de estresse salino com cloreto de potássio (Tabela 5).

Tabela 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de híbridos de maracujazeiros (BRS GA= Gigante Amarelo; BRS RC= Rubi do Cerrado e BRS SC= Sol do Cerrado) em diferentes altitudes submetidos ao estresse salino com cloreto de potássio em diferentes potenciais osmóticos

Altitude (m)	Potencial osmótico (MPa)					Equação de regressão	R ²
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8		
BRS GA							
41	1,48 d ⁽¹⁾	2,90 a	1,94 b	1,80 a	1,16 a	1,73** - 3,86**x - 5,91**x ²	62,56
104	2,47 b	1,28 c	1,00 c	1,28 b	1,00 a	2,34** - 4,88**x + 4,26**x ²	84,81
711	3,22 a	2,16 b	1,22 c	1,78 a	0,96 a	3,13** - 5,28**x + 3,53**x ²	84,76
1016	1,92 c	2,80 a	2,31 a	1,21 b	0,44 b	2,08** + 3,34**x - 7,01**x ²	91,71
CV (%) = 10,87							
BRS RC							
41	2,46 a	2,66 a	2,39 a	0,77 a	1,94 a	-	-
104	2,20 a	1,13 b	0,98 b	0,76 a	0,75 c	2,04** - 4,26**x + 3,37**x ²	95,26
711	2,24 a	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,00 d	1,98** - 8,64**x + 8,00**x ²	85,71
1016	1,71 b	1,58 b	2,11 a	0,44 ab	1,36 b	-	-
CV (%) = 19,76							
BRS SC							
41	1,67 c	3,10 ab	2,26 a	2,27 a	2,17 a	-	-
104	2,85 a	3,35 a	2,39 a	1,03 b	1,06 b	3,31** - 2,94**x	78,66
711	2,20 b	2,43 c	2,30 a	1,39 b	1,20 b	2,51** - 1,52**x	71,97
1016	2,42 ab	2,54 bc	1,33 b	1,17 b	1,10 b	2,51** - 2,00**x	80,58
CV (%) = 15,39							

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra (híbridos) na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). **, * e ns: significância em nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente. R² = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

Em relação ao índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 5), o híbrido BRS GA apresentou maior índice (3,22) em altitude de 711m, não estando submetido à condição de estresse salino, havendo um decréscimo linear a medida que aumenta o potencial osmótico.

Para o potencial -0,2 MPa, os maiores valores de índice de velocidade de germinação foram obtidos a 41 e 1016 m de altitude (2,90 e 2,80 respectivamente). Maior valor para o índice de velocidade de germinação foi observado a 1016 m de altitude no potencial osmótico -0,4 MPa. Nos potenciais osmóticos -0,6 e -0,8 MPa, respectivamente, é possível verificar que os maiores índices de velocidade de germinação foram obtidos das menores altitudes (41 m), e os menores valores das maiores altitudes (1016 m). De acordo com Silva e Dantas (2013) a procedência ou o local em que as

sementes são coletadas e as plantas matrizes produzidas, é um dos fatores que podem influenciar na qualidade fisiológica das sementes, justificando a variação na porcentagem do índice germinativo.

O híbrido BRS RC apresentou maior índice de velocidade de germinação (2,24) em altitude de 711 m sem a condição de estresse hídrico, obtendo valor nulo quando submetido à condição de estresse. Este fator pode ser explicado pelo estresse salino a que as sementes foram submetidas. Oliveira et al. (2015) trabalhando com interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a emergência, o crescimento e o acúmulo de matéria seca das mudas de maracujazeiro amarelo. A diminuição da velocidade de germinação das sementes em condições de salinidade está ligada a dificuldade de absorção da água, devido a potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciando a absorção de água, podendo inviabilizar a sequência de eventos relacionados ao processo germinativo (MOTERLE et al., 2006).

O híbrido SC, apresentou maiores valores de índice de velocidade de germinação a 104 m de altitudes a 0,0 MPa (2,85). O potencial -0,4 MPa, apresentou menor índice a 1016 m de altitude (1,33). Para os potenciais -0,6 MPa e -0,8 MPa, os maiores valores de índice de velocidade de germinação foram obtidos a 41 m de altitude (2,27 e 2,17, respectivamente).

Dessa forma, verificou-se que os testes de avaliação de qualidade fisiológica de sementes são eficientes para diferenciar as procedências de sementes de maracujá em níveis de vigor conforme verificado por Lazarotto et al., (2013) em estudos com sementes de cedro. É possível caracterizar várias expressões do genótipo da espécie, possibilitada pela adaptação dos indivíduos às condições ambientais locais com estudos de germinação de frutos de procedências distintas (GONÇALVES et al., 2009).

5.4 CONCLUSÃO

Os estresses hídricos e salinos prejudicam a germinação e crescimento das plântulas a partir do potencial -0,8 MPa.

Os híbridos Gigante Amarelo e Sol do Cerrado a 41 m de altitude apresentam menores danos devido aos condições do local.

5.5 REFERÊNCIAS

- AHMED, B. A.; MONTANI, I. S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 1, p. 165-170, 2010.
- ARAÚJO, W. L.; SOUSA, J. R. M.; JÚNIOR, J. R. S.; ALEIXO, D. L.; PEREIRA, E. B. Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigadas com água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 15-19, 2013.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 9-18, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS. 399 p. 2009.
- CEASA. CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO ESPÍRITO SANTO. Disponível em: <<http://www.ceasa.es.gov.br/?p=2163>>. Acesso em: 5 novembro de 2017.
- DAN, L. G. de M.; DAN, H. de A.; BARROSO, A. L. de L.; BRACCINI, A. de L. e. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.471- 476, 2011.
- FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; OLIVEIRA, E.J.; PEIXOTO, J.R., COSTA, A.M. **Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: histórico e perspectivas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 36 p. (Documentos/Embrapa Cerrados Nº 307).
- FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. **Maracujá**. 2010. Publicado no site da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira/CEPLAC. Disponível:

<<http://www.ceplac.gov.br/radar/maracujá.htm>>. Acesso em: 16 setembro de 2017.

GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C.; DEMATTÊ, M. E. S. P.; SILVA, M. A. D. Potencial fisiológico de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) em diferentes procedências. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 218-222, 2009.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

IBGE. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 setembro de 2017.

LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; BELTRAME, R.; DOS SANTOS, A.; MEZZOMO, R.; PIVETA, G.; BLUME, E. Qualidade fisiológica e tratamentos de sementes de *Cedrela fissilis* procedentes do Sul do Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 201-210, 2013.

LOPES, J. C.; MACÊDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 79-85, 2008.

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

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. de C.; BRACCINI, A. de L. e; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas as estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 169-176. 2006.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p.651-681, 2008.

OLIVEIRA, D. A.; NUNES. Y. R. F.; ROCHA. E. A.; BRAGA. R. F.; PIMENTA. M. A. S.; VELOSO. M. D. M.; Potencial germinativo de sementes de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth. - Fabaceae: Mimosoideae) sob diferentes procedências, datas de coleta e tratamentos de escarificação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1001-1009, 2008.

OLIVEIRA, F. A.; LOPES, M. Â. C.; DA SILVA SÁ, F. V.; NOBRE, R. G.; MOREIRA, R. C. L.; de ANDRADE SILVA, L.; de PAIVA, E. P. Interação

salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 471-478, 2015.

OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, F. A.; GUIMARÃES, I. P.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREITAS, A. V. L.; MEDEIROS, M. A. Emergência de plântulas de moringa irrigada com água de diferentes níveis de salinidade. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, p. 66-74, 2009.

PINTO, A. C. de Q. Adubando para a Alta Produtividade e Qualidade, Instituto International da Potassa, FRUTEIRAS TROPICAIS DO BRASIL, Embrapa Agroindústria Tropical. IIP Boletim 18, pag. 206-222, 2009.

PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. INCTSal, Fortaleza. cap. 10, p. 143-160, 2010.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 30 agosto de 2017.

RIBEIRO, A. A.; FILHO, M. S.; MOREIRA, F. J. C.; MENEZES, A. S.; BARBOSA, M. C. Efeito da salinidade no crescimento inicial do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 3, p. 37-44, 2014.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4.ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.

SILVA, F. F. S.; DANTAS, B. F. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. **Revista Sodebras**, v. 8, n. 90, p. 40-43, 2013.

SOBHANIAN, H.; AGHAEI, K.; KOMATSU, S. B. Changes in the plant proteome resulting from salt stress: toward the creation of salt-tolerant crops. **Journal of Proteomics**, v. 74, n. 8, p. 1323-1337, 2011.

6 CAPÍTULO 3 - ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES

RESUMO: A propagação do maracujazeiro amarelo é feita principalmente via seminífera, mas este processo tem ocasionado baixa e desuniforme germinação das sementes. Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar o enraizamento de estacas de híbridos de maracujazeiros de diferentes altitudes, com e sem tratamento com ácido indol-3-butírico. Foram utilizadas estacas dos híbridos: BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do Cerrado, BRS Sol do Cerrado, provenientes de plantas cultivadas em altitudes de 41; 104; 711 e 1016 metros. As estacas foram seccionadas com comprimento de 10 a 15 cm, contendo quatro gemas e uma folha na extremidade apical. A base das estacas foi imersa em solução de ácido indol-3-butírico, nas concentrações de 0 e 1000 mg L⁻¹, durante um minuto, e posteriormente o terço basal foi inserido em tubete de 50 cm³, contendo vermiculita como substrato e mantidas em casa de vegetação irrigada com nebulização intermitente, com intervalos de 40 minutos. Foram analisados: porcentagem de enraizamento, porcentagem de estacas mortas, porcentagem de brotação, porcentagem de calo nas estacas, número de raízes por estaca e comprimento da raiz. A altitude de 711 metros é a que mais se destaca em todas as características analisadas, à exceção do comprimento de raiz. O enraizamento e a porcentagem de brotação são maiores quando não há a aplicação do ácido indol-3-butírico. Já a porcentagem de estacas com calos, número de raízes e comprimento de raiz são maiores com a aplicação de 1000 mg L⁻¹ de ácido indol-3-butírico. As estacas do maracujazeiro BRS Rubi do Cerrado apresentam maior porcentagem de enraizamento.

Palavras-chave: *Passiflora* spp. Propagação. Genótipos. Ácido indol-3-butírico.

ABSTRACT: The propagation of yellow passion fruit is mainly via seminiferous, but this process has caused low and uneven seed germination. In this way, the aim of this work was to study the rooting of cuttings of passion fruit hybrids of different altitudes, with and without indole-3-butyric acid treatment. Stakes of the hybrids were used: BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do Cerrado, BRS Sol do Cerrado, from plants cultivated at altitudes of 41; 104; 711 and 1016 meters. The cuttings were sectioned with a length of 10 to 15 cm, containing four buds

and one leaf at the apical end. The base of the cuttings was immersed in indole-3-butyric acid solution at concentrations of 0 and 1000 mg L⁻¹ for one minute, and thereafter the basal third was inserted in a 50 cm³ tube containing vermiculite as substrate and maintained in a greenhouse irrigated with intermittent nebulization, with intervals of 40 minutes. Rooting percentage, percentage of dead cuttings, sprout percentage, percentage of callus on cuttings, number of roots per cutting and length of root were analyzed. The altitude of 711 meters is the one that most stands out in all the characteristics analyzed, except for the root length. Rooting and sprouting percentage are higher when there is no application of indole-3-butyric acid. The percentage of cuttings with calluses, root numbers and root lengths are higher with the application of 1000 mg L⁻¹ of indole-3-butyric acid. The cuttings of passion fruit BRS Rubi do Cerrado show a higher percentage of rooting.

Keywords: *Passiflora* spp. Propagation. Genotypes. Indole-3-butyric acid.

6.1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o principal produtor de maracujá do mundo, cuja produção em 2017 foi de 704.000 toneladas, em uma área de 50.000 ha (IBGE, 2017). Destaca-se como maior centro de distribuição do gênero *Passiflora*, sendo que a espécie mais cultivada no Brasil é o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa Degener.*), também conhecido como maracujazeiro azedo, cujos frutos são destinados tanto para o consumo *in natura* quanto para industrialização (OCAMPO et al., 2016; COELHO et al., 2018; SOUZA et al., 2018). Comercialmente o maracujá azedo se destaca como o mais utilizado, apresentando maior produtividade e rendimento de polpa, além de possuir frutos maiores (OCAMPO et al., 2013; YUAN et al., 2017). É o mais utilizado pela população devido ao desconhecimento de outras espécies do mesmo gênero, como por exemplo as espécies silvestres e o maracujazeiro doce (PAIVA et al., 2014; FALEIRO et al., 2015).

O maracujazeiro é cultivado, na maioria das vezes, em pequenas propriedades e apesar de ser uma cultura de alto risco, devido à grande quantidade de pragas e doenças que podem atacá-la, seu cultivo tem crescido devido a sua excelente rentabilidade (MELETTI, 2011; POTIN et al., 2016; DU et al., 2017; GONÇALVES et al., 2018).

A utilização de híbridos e variedades melhoradas geneticamente com maior produtividade, qualidade de frutos, resistência a doenças e adaptadas aos diferentes agroecossistemas é a medida mais eficaz para a expansão do cultivo e para o controle de pragas e doenças. Os programas de melhoramento genético vêm trabalhando no intuito de desenvolver variedades com essas características, pois é de fundamental importância para garantir a viabilidade econômica da cultura (FALEIRO et al., 2013; BELLON et al., 2014; LIU et al., 2017).

A propagação do maracujazeiro para comercialização é feita principalmente via seminífera (SILVA et al., 2015), mas muitos produtores reclamam da falta de uniformidade na germinação e emergência das plântulas. Outra alternativa para a propagação desta espécie é a multiplicação por estaquia, permitindo a multiplicação a partir de plantas-matrizes produtivas e de qualidade, para formação de pomares com maior uniformidade e vigor (RONCATTO et al., 2008; HUH et al., 2017), podendo ainda ser propagado por enxertia (ALEXANDRE et al., 2013; OLIARI et al., 2016).

Entretanto, a produção de mudas por estaquia é influenciada principalmente: pela aptidão da planta em emitir raízes adventícias, condições favoráveis do ambiente de cultivo como: temperatura, umidade, arejamento, luz, ausência de contaminantes no meio enraizante, substrato, genótipo, recipiente, estágio fisiológico da planta matriz, época de retirada das estacas, presença ou ausência de folhas e utilização de fitormônios (LOPES et al., 2007; RONCATTO et al., 2008; VIGNOLO et al., 2014; ZHANG et al., 2015; DA ROSA et al., 2017; HAYGERT-LENCINA et al., 2017; VILLA et al., 2017; HOSSEL et al., 2018).

Entre os fitormônios destaca-se o ácido indol-3-butírico (AIB), por ser uma substância fotoestável, com ação localizada apresentando bons resultados no estímulo de crescimento radicular, quando comparado a outras auxinas sintéticas (SMARCI et al., 2008; IZHAKI et al., 2018).

O maracujazeiro amarelo é uma cultura de grande importância, sendo cultivada cada vez mais em variadas altitudes, requerendo estudos sobre a propagação. Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar o enraizamento de estacas de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes, com tratamento com ácido indol-3-butírico (AIB).

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de maio a setembro de 2017, em casa de vegetação e no do Laboratório de Análise de Sementes (LAS), no campus do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), em Alegre-ES. Os ramos foram colhidos de plantas matrizes de híbridos de maracujazeiros (*P. edulis*) do segundo ano de produção, após o período reprodutivo, de pomares cultivados em quatro altitudes no Sul do estado do Espírito Santo, provenientes de sementes fornecidas pela Embrapa Cerrado (BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC e BRS Sol do Cerrado - BRS SC) (EMBRAPA, 2017a, 2017b, 2017c). (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização dos experimentos

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Marataízes	21° 05' 13,73" S	40° 54' 15,71" O	41
Jerônimo Monteiro	20° 48' 9,93" S	41° 24' 24,85" O	104
Alegre	20° 37' 51,91" S	41° 36' 15,97" O	711
Ibitirama	20° 28' 09,40" S	41° 43' 31,63" O	1016

Em relação aos dados climatológicos das localidades, Marataízes apresenta clima tropical (classificação climática Köppen-Geiger: Aw), com temperatura média de 23,8 °C e 1014 mm de pluviosidade média anual. Jerônimo Monteiro apresenta clima tropical e de acordo com Köppen-Geiger, o clima é classificado como Aw, com temperatura média anual de 23,8 °C e pluviosidade média anual de 1094 mm. O clima de Alegre é subtropical de inverno seco e verão quente, e de acordo com Köppen-Geiger, o clima é classificado como Cwa, a temperatura média anual é 23 °C com pluviosidade média anual de 1341 mm. Ibitirama apresenta um clima quente e temperado, e de acordo com Köppen-Geiger, a classificação do clima é Cwa. A temperatura média anual em Ibitirama é 19,8 °C e média anual de pluviosidade de 1286 mm (INCAPER, 2017).

As estacas foram obtidas das matrizes nas diferentes altitudes, na porção

mediana de ramos herbáceos, em estado de crescimento vegetativo, preparadas de forma que cada uma apresentasse entre 10 - 15 cm de comprimento, quatro gemas e a presença de uma folha na extremidade apical da estaca. A base das estacas foi cortada em bisel, e para assepsia, imersas em hipoclorito de sódio à 2,5%, durante um minuto, e posteriormente, tratada com ácido indol-3-butírico (AIB), nas concentrações de 0 e 1000 mg L⁻¹. O ácido indol-3-butírico foi preparado em solução alcoólica a 50%. As estacas foram acondicionadas em bandejas com tubetes plásticos de 50 m³, com substrato vermiculita, mantidas em casa de vegetação coberta com plástico transparente e tela de poleolefina de 50%, submetidas sob regime de irrigação por sistema de nebulização intermitente, com intervalos de 40 minutos.

O experimento foi implantado no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3 x 2 (quatro altitudes x três híbridos e duas concentrações de ácido indol-3-butírico), com três repetições e 15 estacas em cada unidade experimental. O tempo de permanência na casa de vegetação foi de 60 dias, quando então foram realizadas as análises: porcentagem de estacas enraizadas, que consistiu da contagem das estacas que emitiram pelo mesmo uma raiz, independente do seu desenvolvimento; porcentagem de estacas mortas; porcentagem de estacas com brotos; porcentagem de estacas com calos; número de raízes por estaca e o comprimento da maior raiz da estaca. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos e à análise de variância, e quando o valor de F foi significativo em nível de 5%, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey. Para todas as análises foi utilizado o programa estatístico R empregando-se o pacote ExpDes (R CORE TEAM, 2017).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve uma maior porcentagem de enraizamento (Tabela 2) nas estacas provenientes de plantas que foram cultivadas na altitude de 711 metros, em relação àquelas cultivadas nas demais altitudes.

Tabela 2 - Enraizamento (%) e estacas mortas (%) de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em concentrações de ácido indol-3-butírico (mg L^{-1}) em diferentes altitudes

Altitude (m)	GA		RC		SC	
	0	1000	0	1000	0	1000
Enraizamento (%)						
41	13,00 cAa ⁽¹⁾	7,00 dAb	7,00 dBa	0,00 dBb	7,33 dBa	0,00 dBb
104	20,00 bCa	13,00 cCb	33,00 bAa	33,00 bBa	26,33 cBb	47,00 bAa
711	69,00 aBa	71,00 aAa	87,00 aAa	40,00 aBb	67,00 aBa	69,00 aAa
1016	20,00 bCa	20,00 bAa	26,00 cBa	6,00 cBb	60,00 bAa	20,33 cAb
CV (%) = 3,96						
Estacas mortas (%)						
41	91,33 aBb	97,67 aAa	97,67 aAa	100,00 aAa	89,00 aBb	100,00 aAa
104	80,33 bAb	91,00 bAa	67,00 cCa	67,00 cCa	73,67 bBa	73,00 cBa
711	32,67 cAa	27,00 dCb	26,00 dBb	60,00 dAa	33,00 dAb	40,67 dBa
1016	80,00 bAa	80,00 cBa	73,00 bBb	93,00 bAa	45,67 cCb	80,00 bBa
CV (%) = 3,12						

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (altitudes), maiúscula na linha para híbridos e itálico na linha para os tratamentos não diferem entre si em nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Houve maior porcentagem de enraizamento das estacas sem o tratamento com ácido indol-3-butírico (Tabela 2). Salomão et al. (2002), obtiveram com a espécie *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* porcentagens de enraizamento superiores a 95%, sem a utilização de reguladores de crescimento, o que torna dispensável o seu uso, diminuindo os custos de produção das mudas. O mesmo pode ser comprovado por Alexandre et al. (2013) e Alexandre et al. (2016), dispensaram o uso de fitorreguladores em estacas de *Passiflora alata* Curtis e *Passiflora mucronata* Lam, respectivamente. Existe um nível ótimo de concentração da auxina, para estimular o máximo crescimento e diferenciação de tecidos radiculares de cada espécie, e espécies que apresentaram acima de 70% de enraizamento (PIZATTO et al., 2011), como verificado neste estudo (87% o híbrido BRS Rubi do Cerrado (RC)), sem a aplicação de qualquer tipo de fitorregulador,

conseguem provavelmente produzir internamente esses hormônios para favorecer a formação das raízes.

Em cada localidade, sementes estão sujeitas a variações como temperatura, comprimento do dia e pluviosidade, e estas variáveis irão ressaltar o modo como elas irão reagir naquele local, de forma diferente de como agiriam em outra localidade (BOTEZELLI et al., 2000; DOS SANTOS et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2012). Com isso o mesmo pode acontecer quando há propagação vegetativa de plantas-matrizes.

Em altitude mais elevada, 711 metros (Tabela 2), o maracujazeiro apresentou maior adaptação e maior crescimento e desenvolvimento (acúmulo de reservas), estando estes fatores atribuídos em um clima favorável a fisiologia da planta. Rosado et al. (2010) afirmam que a presença de neblina em elevadas altitudes ajudam no balanço hídrico atuando como fonte de água para as plantas. No entanto, em menores altitudes as plantas investem em tentativas para que haja diminuição na taxa de transpiração, a fim de diminuir as perdas de água (VILLAGRA; CAVAGNARO, 2006), demandando maior gasto energético, reduzindo suas reservas.

Verificou-se que houve maior porcentagem de estacas mortas naquelas provenientes das plantas cultivadas em menor altitude (41 metros), cujo valor chegou a 100,00%. Mesmo com a aplicação de ácido indol-3-butírico, houve 100,00% de mortalidade das estacas dos híbridos BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC). Apenas o híbrido BRS Gigante Amarelo (GA) apresentou 2,33% de mortalidade.

Com relação à altitude (Tabela 3), a porcentagem de brotação nas estacas das plantas cultivadas à 711 metros, apresentou maiores valores em relação às demais altitudes, sendo proporcional à porcentagem de enraizamento (Tabela 2), sendo este fato atribuído à sobrevivência das estacas com emissão de raízes e posteriormente emissão de seus brotos.

Tabela 3- Brotação (%) e estacas com calo (%) de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), cultivados em diferentes altitudes e tratadas com AIB (mg L⁻¹)

Altitude (m)	GA		RC		SC	
	0	1000	0	1000	0	1000
Brotação (%)						
41	7,00 cBa ⁽¹⁾	0,00 dAb	7,00 dBa	0,00 dAb	13,00 cAa	0,00 cAb
104	13,00 bBa	13,00 cBa	13,00 cBa	13,00 bBa	27,00 bAb	40,00 aAa
711	51,00 aCb	60,00 aAa	60,33 aAa	20,33 aCb	53,33 aBa	40,00 aBb
1016	12,67 bCb	20,00 bAa	26,00 bBa	6,00 cBb	52,00 aAa	20,00 bAb
CV (%) = 3,48						
Estacas com calo (%)						
41	0,00 cAa	0,00 dAa	0,00 cAa	0,00 cAa	0,00 cAa	0,00 cAa
104	0,00 cAb	7,00 cAa	0,00 cAb	7,00 bAa	0,00 cAa	0,00 cBa
711	67,00 aAb	72,00 aAa	67,00 aAa	32,00 aCb	27,00 bBb	47,00 aBa
1016	13,00 bCa	13,00 bBa	20,00 bBa	7,00 bCb	46,00 aAa	20,00 bAb
CV (%) = 2,84						

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (altitudes), maiúscula na linha para híbridos e itálico na linha para as concentrações de AIB não diferem entre si em nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Dentre as principais funções biológicas das auxinas, pode-se citar o crescimento de órgãos, especialmente as raízes (OHLAND et al., 2009). No entanto, não houve efeito da aplicação de AIB na formação de brotos nas estacas e os híbridos que se destacaram foram o BRS Rubi do Cerrado (RC) com 60,33% a 711 metros sem a aplicação de AIB, e o BRS Gigante Amarelo (GA) com 60,00% de emissão de brotos e com a aplicação de AIB. Fato que pode estar associado à sensibilidade aos hormônios que já se encontram presentes nos sistemas vegetais, que podem favorecer essa variação à intensidade do sinal hormonal (TAIZ et al., 2017).

A porcentagem de calos formados foi maior nas estacas provenientes de maracujazeiros cultivados na altitude de 711 metros, sendo a maior concentração do tratamento com ácido indol-3-butírico, eficiente para a maior formação de calos nas estacas, destacando-se o híbrido BRS Gigante Amarelo (GA), com 72,00%. Uma série coordenada de divisões celulares e

subseqüentes alongamentos celulares determinam o desenvolvimento de órgãos, e a diferenciação celular é o resultado da expressão seletiva de certos genes dentro do genoma de cada célula individual que se comunicam a que se atribui a função dos hormônios vegetais (LOPES et al., 2010; DASKALAKIS et al., 2018). No entanto, de acordo com Taiz et al. (2017), as auxinas induzem a formação de tecidos vasculares tanto no caule, como nas raízes de plantas intactas, assim como nos calos. Desta forma, a baixa brotação dos propágulos vegetativos pode estar correlacionada a fatores intrínsecos ao material vegetal, como a concentração de fitormônios e de carboidratos (HARTMANN et al., 2011; BRAGA et al., 2017).

O número de raízes foi maior nas estacas provenientes das plantas cultivadas a 711 metros de altitude (Tabela 4). O tratamento das estacas com a maior concentração de AIB foi o que determinou a formação de maior número de raízes nas estacas, com destaque para o híbrido BRS Sol do Cerrado (SC) (23,30). Isto está associado à presença do regulador vegetal, que influencia na divisão celular, proporcionando uma maior formação das raízes (LOPES et al., 2008; SABIÃO et al., 2011; BETTONI et al., 2015). Entretanto, considerando o crescimento de raízes, o maior comprimento foi observado nas estacas de plantas de altitude de 104 metros.

Tabela 4 - Número e comprimento de raízes (cm) de estacas de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), cultivados em diferentes altitudes e tratadas com AIB (mg L⁻¹).

Altitude (m)	GA		RC		SC	
	0	1000	0	1000	0	1000
Número de raízes por estacas						
41	3,50 cBa ⁽¹⁾	2,00 dAb	0,00 cCa	0,00 cBa	7,67 bAa	0,00 dBb
104	3,09 cCb	5,25 cBa	6,77 bAb	9,17 bAa	4,22 dBa	4,13 cCa
711	15,07 aAa	15,30 aBa	11,02 aBb	22,51 aAa	8,73 aCb	23,30 aAa
1016	4,72 bBb	7,11 bBa	6,75 bAb	10,00 bAa	6,74 cAb	7,75 bBa
CV (%) = 5,37						
Comprimento da raiz (cm)						
41	1,87 dBa	1,30 dAb	2,70 cCa	0,00 dBb	4,83 bAa	0,00 dBb
104	13,08 aAb	23,67 aAa	10,13 aBb	23,00 aBa	6,50 aCa	6,39 cCa
711	6,88 bAb	8,57 cAa	6,22 bBb	6,84 cBa	6,43 aABb	8,50 bAa
1016	5,95 cABb	23,00 bAa	5,72 bBb	20,00 bBa	6,39 aAb	12,91 aCa
CV (%) = 3,17						

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna para altitudes, maiúscula na linha para híbridos e itálico na linha para as concentrações de AIB não diferem entre si em nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Com a aplicação de 1000 mg L⁻¹ de AIB os valores de comprimento de raiz foram maiores na altitude de 104 metros, destacando-se o híbrido BRS Gigante Amarelo (GA), com raiz medindo 23,67 cm, seguido pelo BRS Rubi do Cerrado (RC), com 23,00 cm. No entanto, além da altitude, a época de colheita da estaca é um fator de grande importância, devido à consistência da estaca, principalmente considerando que estacas colhidas no período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão) apresentam-se mais herbáceas e com maior capacidade de enraizamento, enquanto estacas colhidas no inverno apresentam maior grau de lignificação e tendem a enraizar menos (FACHINELLO et al., 2005; PENÃ PENÃ; ZANETTE; BIAZI, 2015).

6.4 CONCLUSÕES

O híbrido BRS Rubi do Cerrado cultivado na altitude de 711 metros apresenta maior potencial de enraizamento;

O maior número de raízes ocorre no híbrido BRS Sol do Cerrado.

Não há necessidade de aplicação de ácido indol-3-butírico para o enraizamento e para a brotação das estacas.

6.5 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S.; LOPES, J. C.; TIRADENTES, A. T.; BRUCKNER, C. H.; OTONI, W. C. Metodologia de minienxertia em maracujazeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 329-332, 2013.

ALEXANDRE, R. S.; COSTA, P. R.; CHAGAS, K.; MAYRINCK, L. G.; GILES, J. A. D.; SCHMILDT, E. R. Different propagules and auxin concentration on rooting of passionflower sandbank. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 691-697, 2016.

BELLON, G.; FALEIRO, F. G.; VILELA JUNQUEIRA, N. T.; FUHRMANN, E. Genetic variability of elite passion fruit genotypes from backcross breeding program involving wild and commercial species based on rapd markers. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1692-1697, 2014.

BETTONI, J. C.; GARDIN, J. P. P.; FELDBERG, N. P.; COSTA, M. D.; SCHUMACHER, R. Rooting of hardwood cuttings of promising grapevine rootstocks for regions with history of plants' death. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 534-539, 2015.

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 9-18, 2000.

BRAGA, R. M.; SANTOS, K. R.; MOLINA, R. A. R.; NIERI, E. M.; DE MELO, L. A. Propagação vegetativa de *Bambusa vulgaris*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 229-234, 2017.

COELHO, E. M.; DE AZEVÊDO, L. C.; VIANA, A. C.; RAMOS, I. G.; GOMES, R. G.; LIMA, M. D. S.; UMZA-GUEZ, M. A. Physicochemical properties, rheology and degree of esterification of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n.1, p. 166-173, 2018.

DA ROSA, G. G.; ZANANDREA, I.; MAYER, N. A.; BIANCHI, V. J. Propagação de porta-enxerto de *Prunus* spp. por estaquia: efeito do genótipo, do estágio de desenvolvimento do ramo e tipo de estaca. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 90-97, 2017.

DASKALAKIS, I.; BINIARI, K.; BOUZA, D.; STAVRAKAKI, M. The effect that indolebutyric acid (IBA) and position of cane segment have on the rooting of cuttings from grapevine rootstocks and from Cabernet franc (*Vitis vinifera* L.) under conditions of a hydroponic culture system. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 79-84, 2018.

DOS SANTOS, M. R.; Reis, M. S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R.; Dias, D. C. F. Germinação e qualidade sanitária de sementes de soja produzidas em diferentes regiões do estado de minas gerais. **Revista Ceres**, v. 48, n. 276, p. 127-139, 2001.

DU, Y. X.; SHI, N. N.; CHEN, W. L.; RUAN, H. C.; YANG, X. J.; GAN, L.; DAY, Y. L.; CHEN, F. R. Identification of *Colletotrichum brevisporum* causing anthracnose on passion fruit. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 39, n. 4, p. 527-532, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Maracujá - BRS Gigante Amarelo (BRS GA1)**. 2017a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 24 de dezembro de 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Maracujá - BRS Rubi do Cerrado (BRS RC)**. 2017b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 24 de dezembro de 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Maracujá - BRS Sol do Cerrado (BRS SC1)**. 2017c. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 24 de dezembro de 2017.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (Eds.). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 221.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M. Ações de Pesquisa e Desenvolvimento para o Uso Diversificado de Espécies Comerciais e Silvestres de Maracujá. **Embrapa Cerrados**, v. 329, n. 1, p. 25, 2015.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JESUS, O. N.; COSTA, A. M. Avanços e perspectivas do melhoramento genético de Passifloras no Brasil. In: CARRANZA, C. J.; OCAMPO, D.; MIRANDA, D.; PARRA, M.; CASTILLO, J.; RODRÍGUES, A. (Ed.). **Libro de memorias - Congreso Latinoamericano de Pasifloras. Corporación Cepass Colombia: Neiva, Huila, Colômbia**, 2013. p. 12-23.

GONÇALVES, Z. S.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; ABREU, E. F. M.; DE JESUS BARBOSA, C.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; DE OLIVEIRA, E. J. Identification of *Passiflora* spp. genotypes resistant to Cowpea aphid-borne mosaic virus and leaf anatomical response under controlled conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 231, n. 1, p. 166-178, 2018.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915p.

HAYGERT-LENCINA, K.; ANTÔNIO-BISOGNIN, D.; KIELSE, P.; PIMENTEL, N. Rooting and acclimatization of *Apuleia leiocarpa* plantlets. **Agrociência**, v. 51, n. 8, p. 909-920, 2017.

HOSSEL, C.; DE OLIVEIRA HOSSEL, J. S. A.; JÚNIOR, A. W. Tamanho de estaca e concentração de ácido indolbutírico na propagação do sabugueiro por estaquia. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 109-112, 2018.

HUH, Y. S.; LEE, J. K.; NAM, S. Y. Effect of plant growth regulators and antioxidants on *in vitro* plant regeneration and callus induction from leaf explants of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Journal of Plant Biotechnology**, v. 44, n. 3, p. 335-342, 2017.

IBGE, 2017 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 Jan 2018.

INCAPER. Dados meteorológicos. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em 3 de Fev 2018.

IZHAKI, A.; YITZHAK, Y.; BLAU, T.; DAVID, I.; ROTBAUM, A.; RIOV, J.; ZILKAH, S. Rooting of cuttings of selected *Diospyros virginiana* clonal rootstocks and bud growth in rooted cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 232, p. 13-21, 2018.

KLEINICK VIGNOLO, G.; PICOLOTTO, L.; ALDRIGHI GONÇALVES, M.; DOS SANTOS PEREIRA, I.; CORRÊA ANTUNES, L. E. Presença de folhas no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 467-472, 2014.

LIU, S.; LI, A.; CHEN, C.; CAI, G.; ZHANG, L.; GUO, C.; XU, M. De novo transcriptome sequencing in *Passiflora edulis* Sims to identify genes and signaling pathways involved in cold tolerance. **Forests**, v. 8, n. 11, p. 435, 2017.

LOPES, J. C.; BONO, G. M.; ALEXANDRE, R. S.; MAIA, V. M. Germinação e vigor de plantas de maracujazeiro amarelo em diferentes estádios de maturação do fruto, arilo e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1340-1346, 2007.

LOPES, J. C.; COELHO, R. I.; AMARAL, J. A. T. Reguladores de crescimento vegetal. In: POLANCZYK, R. A.; CECÍLIO, R. A.; MATTA, F. P.; SOARES, T. C. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; CAMPANHARO, W. A.; OLIVEIRA, M. C. C. (Org.). **Estudos avançados em produção vegetal**. 1 ed. Alegre-ES: UFES, Centro de Ciências Agrárias, 2008, v.1, p.43-68.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n.1, p. 83-91, 2011.

OCAMPO, J.; ARIAS, J. C.; URREA, R. Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. **Euphytica**, v. 209, n. 2, p. 395-408, 2016.

OCAMPO, J.; URREA, R.; WYCKHUYS, W.; SALAZAR, M. Exploración de la variabilidad genética del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como base para un programa de fitomejoramiento en Colombia. **Acta Agronómica**, v. 62, n. 4, p. 352-360, 2013.

OHLAND, T.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; KOTZ, T. E.; DANELUZ, S. Enraizamento de estacas apicais de figueira 'Roxo de Valinhos' em função de época de coleta e AIB. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 74-78, 2009.

OLIARI, L. S.; GILES, J. A. D.; MAYRINCK, L. G.; DE OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; OTONI, W. C.; SCHMILDT, E. R.; AOYAMA, E. M.; ALEXANDRE, R. S. Mini-grafting of adult *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*

Deg. scions onto vegetatively propagated adult rootstocks of '*P. mucronata*' Lam. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 490, 2016.

OLIVEIRA, G. P.; ARAÚJO, D. V.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ZAMBENEDETTI, E.; MAINARDI, J. T. Avaliação física, fisiológica e sanitária de sementes de soja de duas regiões de Mato Grosso. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 16, p. 106-114, 2012.

PAIVA, C. L.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; SILVA, R.; DE OLIVEIRA, E. J. Diversidade genética de espécies do gênero *Passiflora* com o uso da estratégia Ward-MLM. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 381- 390, 2014.

PEÑA PEÑA, M. L.; ZANETTE, F.; BIASI, L. A. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas de pitangueira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3055-3068, 2015.

PIZZATTO, M.; JÚNIOR, A. W.; LUCKMANN, D.; PIROLA, K.; CASSO, D. C.; MAZARO, S. M. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Revista Ceres**, v. 58, p. 487-492, 2011.

POTIN, D. M.; ANDRADE, G. S.; PEREIRA, R. Z.; KASSAB, S. O. *Conotelus* sp. (Coleoptera: Nitidulidae), a new insect pest of passion fruit in the Amazon Biome. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 3, p. 580-582, 2016.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

RONCATTO, G.; NOGUEIRA, G. C. F.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C.; MARTINS, A. B. G. Enraizamento de estacas de espécies de maracujazeiro (*Passiflora* spp.) no inverno e no verão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1089-1093. 2008.

ROSADO, B. H. P.; OLIVEIRA, R. S.; AIDAR, M. P. M. Is leaf water repellency related to vapor pressure and crown exposure in tropical forests? **Acta Oecologica**, v. 36, p. 645-649, 2010.

SABIÃO, R. R.; SILVA, A. C. C. S.; MARTINS, A. B. G.; CARDOSO, E. R. Enraizamento de estacas de *Passiflora nitida* submetidas a diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB). **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, n. spel 1, p. 654-657, 2011.

- SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, W. E.; DUARTE, R. C. C.; SIQUEIRA, D. L. Propagação por estaquia dos maracujazeiros doce (*Passiflora alata* Dryand.) e amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa* O. Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 163-167, 2002.
- SILVA, M. S.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R. F.; SÁ JUNIOR, A.; SANTOS, C. M. Airl removal method and passion fruit seed positions: Germination and emergence. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 125-130, 2015.
- SMARCI, R. C.; CHAGAS, E. A.; REIS, L. L.; OLIVEIRA, G. F.; MENDONÇA, V.; TROPALDI, L.; PIO, R.; FILHO, J. A. S. Concentrações de ácido indolbutírico e tipos de substrato na propagação vegetativa de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 7-11, 2008.
- SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; DE JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, v. 229, n. 1, p. 77-90, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p., 2017.
- VILLA, F.; PIVA, A. L.; MEZZALIRA, É. J.; SANTIN, A. Estaquia na propagação de espécies de fisális. **Magistra**, v. 28, n. 2, p. 185-193, 2017.
- VILLAGRA, P. E.; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alata*. **Journal of Arid Environments**, v. 64, n. 3, p. 390- 400, 2006.
- YUAN, T. Z.; KAO, C. L.; LI, W. J.; LI, H. T.; CHEN, C. Y. Chemical constituents of leaves of *Passiflora edulis*. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 53, n. 6, p. 1165-1166, 2017.
- ZHANG, J. Y.; GUO, Z. R.; ZHANG, R.; LI, Y. R.; CAO, L.; LIANG, Y. W.; HUANG, L. B. Auxin type, auxin concentration, and air and substrate temperature difference play key roles in the rooting of juvenile hardwood pecan cuttings. **HortTechnology**, v. 25, n. 2, p. 209-213, 2015.

7 CAPÍTULO 4: ALELOPATIA EM *Lactuca sativa* L. DE EXTRATOS AQUOSOS DE CASCA DE FRUTOS DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES

RESUMO: O uso indevido de agrotóxico vem aumentando cada vez mais, ocasionando problemas para a agricultura, ao meio ambiente e a saúde humana. Estudos por novos meios alternativos para se controlar plantas invasoras vêm crescendo bastante. Com isso o efeito alelopático dos metabólitos secundários provenientes de partes das plantas indica uma alternativa potencial e sustentável de resíduos vegetais para serem utilizados como bioherbicidas. Objetivou-se estudar o potencial alelopático dos extratos da casca de frutos de híbridos de maracujazeiros cultivados em diferentes altitudes, sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). As concentrações utilizadas foram: 12,5; 25; 50 e 100%; controle negativo (água) e o controle positivo (glifosato). Com a análise macroscópica foram observadas germinação, crescimento radicular e aéreo, enquanto com a microscópica foi realizada a análise citogenética, pela quantificação dos processos de divisão: interfase; prófase; metáfase; anáfase e telófase, obtendo-se o índice mitótico; alterações nucleares e cromossômicas. Observou-se que as maiores concentrações (100%) inibem a germinação das sementes de alface, conseqüentemente a redução no índice mitótico, além de evidenciar aumento nas alterações cromossômicas e nucleares, devido ao efeito genotóxico e citotóxico do extrato. Nas altitudes de 41 e 1016 m o híbrido Rubi do Cerrado, na concentração de 50% não apresenta germinação; o potencial alelopático é influenciado por gradientes altitudinais.

Palavras-chave: *Passiflora* spp. Híbridos. Citogenicidade. Mutagenicidade.

ABSTRACT: The improper use of pesticides has been increasing, causing problems for agriculture, the environment and human health. Studies of new alternative means to control invasive plants have been growing strongly. Thus the allelopathic effect of the secondary metabolites from parts of plants indicates a potential and sustainable alternative of plant residues to be used as bioherbs. The objective of this study was to study the allelopathic potential of fruit peel extracts from passion fruit hybrids cultivated at different altitudes, on the germination of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds. The concentrations used

were: 12.5; 25; 50 and 100%; negative control (water) and positive control (glyphosate). With the macroscopic analysis, germination, root and aerial growth were observed, while with the microscopic, cytogenetic analysis was performed by quantifying the processes of division: interphase; prophase; metaphase; anaphase and telophase, obtaining the mitotic index; nuclear and chromosomal alterations. It was observed that the higher concentrations (100%) inhibit the germination of lettuce seeds, consequently the reduction in the mitotic index, besides evidence increase in the chromosomal and nuclear alterations, due to the genotoxic and cytotoxic effect of the extract. In the altitudes of 41 and 1016 m the hybrid Rubi do Cerrado, in the 50% concentration does not present germination; the allelopathic potential is influenced by altitudinal gradients.

Keywords: *Passiflora* spp. Hybrids. Cytogenicity. Mutagenicity.

7.1 INTRODUÇÃO

Problemas ambientais e vários efeitos adversos a saúde humana devido o uso indevido de pesticidas tornam-se necessárias o emprego de métodos alternativos. A alelopatia pode ser considerada como a capacidade das plantas em produzirem compostos químicos, a exemplo, de metabolitos secundários, conhecidos como aleloquímicos, que são lançados no ambiente e podem ter uma influência positiva ou negativa sobre crescimento, sobrevivência, desenvolvimento e reprodução de outras plantas ou mesmo de microorganismos (CHENG; CHENG, 2015; CRUZ-SILVA et al., 2016).

A quantidade e a qualidade de metabólitos produzidos entre as plantas variam entre espécies, parâmetros que envolvem o ciclo de cultivo, ou o local de ocorrência, pois as plantas estariam expostas a várias atividades, ocasionando a síntese desses metabólitos. Existem espécies mais sensíveis que outras em relação à tolerância ou resistência aos metabólitos secundários, com isso a ação desses compostos aleloquímicos possuem bastante especificidade (PACHECO et al., 2013).

Os compostos químicos derivados de metabolismo secundário de plantas têm sido constatados com grande eficiência por bioensaios vegetais (PANDARD et al., 2006) e o potencial alelopático destes metabólitos exercidos

sobre a capacidade de germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas (PAWLOWSKI, 2013).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é um dos modelos vegetais indicados para bioensaios devido ao seu rápido crescimento, elevado número de sementes, possuir sementes pequenas, o que contribui para uma maior área de superfície de contato com a substância avaliada (ANDRADE-VIERA et al., 2014). Se comparada com outros vegetais modelos, a semente de alface é comercializada por um baixo custo, e diversas variedades estão disponíveis no mercado.

Os efeitos visíveis observados em muitos estudos de alelopatia são sinais secundários de mudanças ocorridas em nível de DNA que podem ser identificados tanto citologicamente quanto citogeneticamente por bioensaios (PAULA et al., 2015), podendo indicar a fitotoxicidade desses compostos secundários nos processos de divisões celulares, que ocasionam danos e alterações cromossômicas.

O maracujazeiro (*Passiflora edulis*) apresenta como principais compostos secundários os flavonóides, ácidos gordurosos, taninos, esteróides, alcalóides, polifenóis, cumarinas e carotenóides (BRAGA et al., 2010).

Por ser um dos centros de origem do maracujá, o Brasil dispõe de uma ampla variabilidade genética e natural para as características diversas do fruto e da planta (FALEIRO et al., 2011). Havendo assim um grande interesse em estudos sobre a competição de cultivares, com o objetivo de se identificar aquelas que em condições locais específicas apresentem melhor adaptabilidade, como os híbridos BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do Cerrado e BRS Sol do Cerrado. Entre os locais pode-se haver variações climáticas, de modo em que influenciem o comportamento das cultivares bem como os efeitos alelopáticos que cada uma pode expressar.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Citogenética e no Laboratório de Análise de Sementes no campus do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), em Alegre-ES. Foram utilizadas cascas de híbridos de maracujazeiros cultivados em quatro altitudes no Sul do Estado do Espírito Santo com as

sementes provenientes da Embrapa Cerrado (BRS Gigante Amarelo - BRS GA, BRS Rubi do Cerrado - BRS RC e BRS Sol do Cerrado - BRS SC) (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização dos experimentos

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Marataízes	21° 05' 13,73" S	40° 54' 15,71" O	41
Jerônimo Monteiro	20° 48' 9,93" S	41° 24' 24,85" O	104
Alegre	20° 37' 51,91" S	41° 36' 15,97" O	711
Ibitirama	20° 28' 09,40" S	41° 43' 31,63" O	1016

Analisando os dados climatológicos das localidades que se coletaram os frutos dos híbridos, Marataízes possui clima tropical (classificação climática Köppen-Geiger: Aw), com pluviosidade média anual de 1014 mm e 23,8 °C de temperatura média. Jerônimo Monteiro possui clima tropical (classificação climática Köppen-Geiger: Aw),, com pluviosidade média anual de 1094 mm e 23,8 °C de temperatura média. Alegre possui clima subtropical de verão quente e inverno seco (classificação climática Köppen-Geiger: Cwa), com pluviosidade média anual de 1341 mm e 23 °C de temperatura média. Ibitirama possui clima quente e temperado (classificação climática Köppen-Geiger: Cwa), com pluviosidade média anual de 1286 mm e 19,8 °C de temperatura média (INCAPER, 2017).

As cascas foram liofilizadas por 72 horas e posteriormente trituradas em moinho de facas. Os tratamentos foram constituídos pelo extrato aquoso obtido com 15 g de cascas dos frutos colhidos em cada altitude colocadas em 300 mL de água destilada aquecida a 100 °C e mantidas em repouso por 10 minutos. Em seguida o extrato obtido foi filtrado e diluído nas seguintes concentrações: T1=Controle negativo (água destilada); T2=100; T3=50; T4=25 e T5=12,5 mg mL⁻¹; T6=Controle positivo (glifosato).

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas sementes de *Lactuca sativa* L. (alface crespa cv. Grand Rapids – TBR, Isla[®]), adquiridas no comércio local. A germinação foi realizada em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, forradas com papel filtro, umedecido com 3 mL de cada solução, e água destilada como controle negativo e glifosato para controle positivo. Para

cada tratamento foram utilizadas cinco repetições de 25 sementes. As placas foram lacradas com papel filme e acondicionadas em câmara de germinação BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) à 24 ± 2 °C, sob luz constante. Realizou-se uma avaliação macroscópica na fase de germinação e crescimento radicular e da parte aérea das plântulas. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi contabilizado após oito; 16; 24; 32; 40 e 48 horas de exposição aos tratamentos. Os crescimentos radicular e aéreo foram avaliados após 48 horas e 120 horas de exposição aos tratamentos, respectivamente. Para a avaliação microscópica, após a medição radicular, 10 raízes de cada placa de Petri foram coletadas e fixadas em etanol: ácido acético (3:1) e armazenadas a - 4 °C por 24 horas, posteriormente foi realizada a análise citogenética, sendo que as lâminas foram previamente preparadas pela técnica de esmagamento e coradas com orceína acética à 2% (ANDRADE-VIEIRA, 2014).

Foram analisadas 5000 células meristemáticas por tratamento, sendo observadas e quantificadas as diferentes fases da divisão mitótica, possíveis alterações cromossômicas e nucleares. O índice mitótico (IM) foi obtido pelo quociente do número de células em divisão (prófase, metáfase, anáfase e telófase) pelo total de células avaliadas em cada tratamento, enquanto as frequências das alterações cromossômicas e nucleares foram obtidas pelo quociente do número de alteração (cromossômica e nuclear, respectivamente) pelo número total de células avaliadas (ANDRADE-VIEIRA, 2014).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 4 \times 4 + 2$ controles (híbridos \times altitudes \times concentrações), com quatro repetições de 25 sementes. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos, sem transformação de dados, e a análise de variância, e quando o valor de F foi significativo em nível de 5%, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Dunnett. Para o efeito dos extratos, os dados foram submetidos à análise de regressão e, para o ajuste das equações ($\hat{Y} =$) foi utilizado como critério a significância dos betas ($p \leq 0,05$). Para todas as análises foi utilizado o programa estatístico R, empregando-se o pacote ExpDes (R CORE TEAM, 2017).

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos ensaios macroscópicos foi possível analisar a porcentagem de germinação (G-%), o índice de velocidade de germinação (IVG), o crescimento radicular (CR) e o crescimento aéreo (CA), comparando-os com o controle positivo (glifosato) e com o controle negativo (água), cujos resultados estão representados na Figura 1.

Observou-se que os extratos das cascas dos híbridos nas altitudes extremas (41 m em Marataízes e 1016 m em Ibitirama) apresentaram maiores efeitos alelopáticos sobre a germinação (Figura 1A). Sendo que os extratos do híbrido BRS Rubi do Cerrado foram os que apresentaram maiores efeitos, com valores de 79,2 e 18,4% para concentrações de 12,5 e 25%, respectivamente, para altitudes de 41 m. Enquanto, para a altitude de 1016 m, os valores foram de 84,8 e 45,6%, para concentrações de 12,5 e 25% respectivamente, sendo que a partir da concentração de 50% nessas duas altitudes impediram as germinações das sementes de alface. Os aleloquímicos podem ser influenciados pelas variações altitudinais (ŠĚŽIENĚ et al., 2012; GATTI et al., 2014), afetando a alocação e a produção de biomassa (FRENNE et al. 2013).

Entretanto, em outras altitudes (104 a 711 m), os valores apresentaram variações de 74,4 a 98,4%, para a concentração de 12,5, respectivamente, e de 48 a 95,2%, para a concentração de 25%, respectivamente, sugerindo que nas altitudes medianas as sementes de alface apresentaram germinações em extratos na concentração de 50%, como também a altitude de 104 m apresentou menores efeitos alelopáticos. Comparando esses valores com os controles, pode-se perceber que o efeito alelopático do híbrido BRS Rubi do Cerrado se apresentou melhor do que o controle positivo, glifosato, nas altitudes dos extremos, não assemelhando a ele as % de inibição de germinação, ou seja, apresentando um efeito próprio e podendo ser analisado como um bioherbicida através de sua alelopatia.

O vigor, pelo índice de velocidade de germinação (IVG), das sementes de alface tratadas com as diferentes concentrações dos extratos verificou-se redução com o aumento da concentração dos extratos (Figura 1B). Nas altitudes medianas de 104 e 711 m, os efeitos exercidos pelos extratos das cascas nas concentrações de 12,5; 25 e 50% na germinação das sementes foram semelhantes àqueles obtidos com o glifosato, enquanto nas altitudes de

104 e 1016 m, os extratos das cascas do híbrido BRS Rubi do Cerrado exerceram maiores efeitos inibidores da germinação. Sendo que os extratos de 100% de todos híbridos nas diferentes altitudes inibiram completamente a germinação.

O crescimento radicular diminuiu consideravelmente em relação ao controle negativo em todas as concentrações utilizadas, decaindo de acordo em que essas foram aumentadas (Figura 1C). Isso sugere que em relação ao extrato, essa variável se mostrou mais sensível em relação ao comprimento aérea. A germinação pode sofrer influência da manifestação dos aleloquímicos, no entanto, esses efeitos são mais efetivos no crescimento radicular como similarmente, observado por outros autores (BALIČEVIĆ et al., 2014b; KONSTANTINOVIĆ et al., 2014).

As sementes de alface tratadas com extrato de casca de frutos de frutos procedentes de altitudes extremas, na concentração de 50%, não apresentaram crescimento radicular, devido à não germinação, verificando-se que em todas as concentrações o efeito dos extratos se assemelharam aos do glifosato.

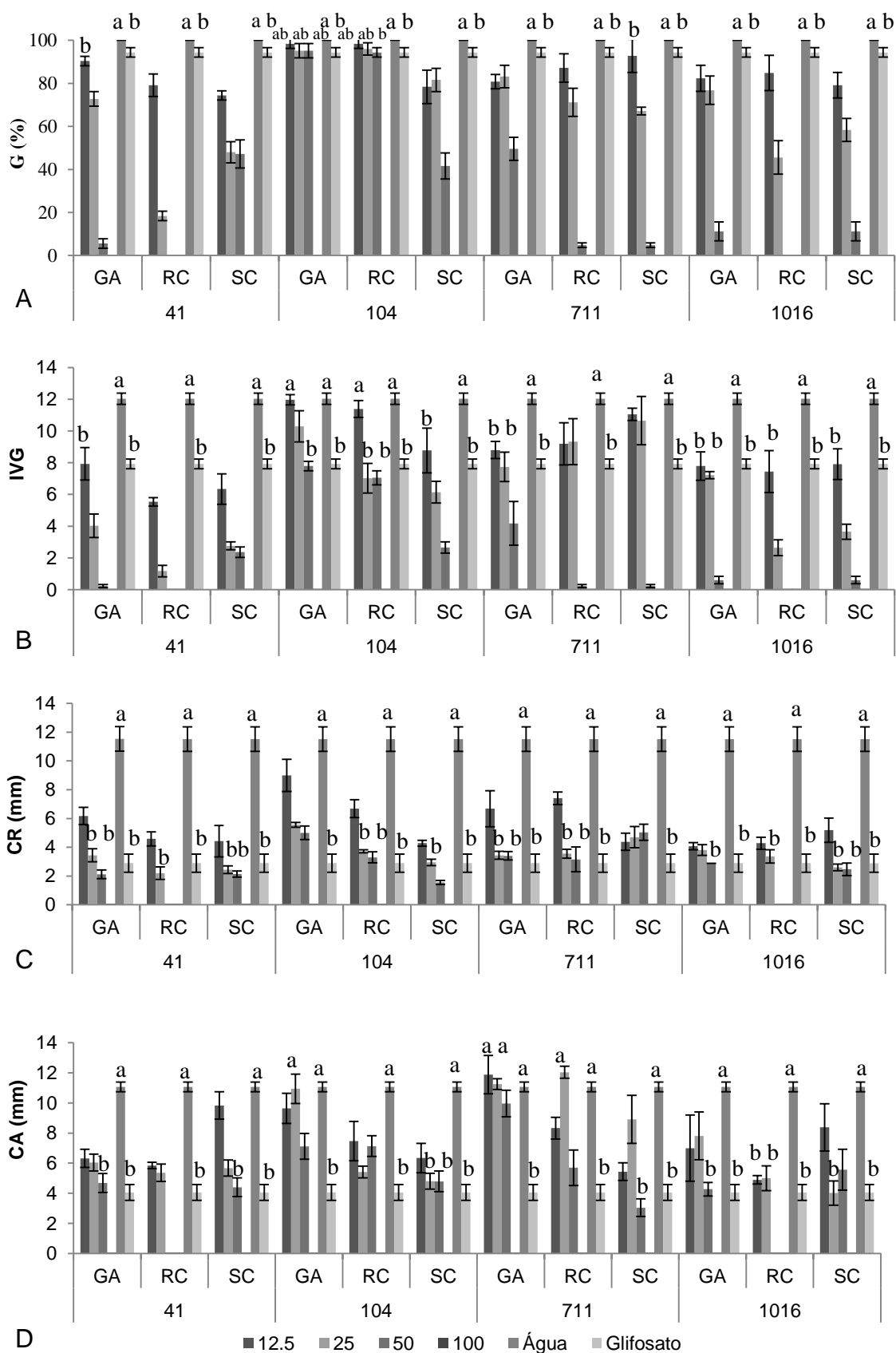


Figura 1 - Atividade fitotóxica do extrato aquoso da casca de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), determinada por meio do bioensaio *Lactuca sativa* L. em

diferentes variáveis macroscópicas: (A) G (%) (germinação); (B) IVG (índice de velocidade de germinação); (C) CR (mm) (crescimento radicular); (D) CA (mm) (crescimento aéreo). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

A germinação de sementes pode ser suprimida pelos terpenos, ocasionando danos no crescimento das plântulas. No entanto, muitas pesquisas concluíram que as plantas adquirem maior translocação de biomassa, quando crescem em altas altitudes (REEF; LOVELOCK 2014). Portanto, as plantas que se desenvolveram em altitudes mais altas, poderiam apresentar uma maior concentração de metabólitos secundários, quando comparadas com as que cresceram em altitudes mais baixas (MACEL et al., 2014). Principalmente, considerando que as plantas que se desenvolvem sob condições adversas mais estressantes produzem substâncias defensivas à base de carbono em maiores quantidades, promovendo um drástico aumento nos seus conteúdos aleloquímicos (GATTIN et al., 2014).

As variações climáticas como temperatura e precipitação também podem influenciar na produção de metabólitos secundários, e com isso, a atividade alelopática das plantas serem alteradas (ŠĚŽIENĚ et al., 2012; GATTI et al., 2014). A ação alelopática de extratos aquosos podem causar efeitos inibitórios, principalmente, sobre a raiz primária e seu desenvolvimento (MARASCHIN et al., 2005). Portanto, a maior redução do comprimento da raiz primária em relação ao hipocótilo está associada ao maior período de contato e a exposição direta à ação do extrato.

O contato direto de aleloquímicos com a raiz apresenta um efeito inibitório mais forte em seu crescimento. No entanto, outros fatores podem alterar a produção de metabólitos secundários e com isso fitotoxicidade exercida pelas plantas, como interações com herbívoros, com patógenos, nutrientes, ou a água. Devido a uma história coevolutiva longa entre plantas, são liberados por muitas plantas em seu habitat nativo compostos com menores influências (THORPE et al., 2009). Entretanto, a atividade alelopática pode ser mudada por vários fatores, como os abióticos e bióticos (INDERJIT et al., 2011).

É possível por tais ocorrências, ser desconsiderado o provável efeito de situações que simulem o déficit hídrico, que reduzem a parte aérea e

estimulam o crescimento do sistema radicular. Em ensaios de fitotoxicidade um bom parâmetro a ser observado é a presença de anormalidades em raízes, devido ao seu contato diretamente com o extrato e pela sua sensibilidade à ação alelopática (GUSMAN et al., 2008; ANDRADE et al., 2009).

Com o aumento da concentração dos extratos, houve maior efeito alelopático, com completa inibição da germinação e, conseqüentemente do IVG das sementes de alface, na concentração de 100% de todos os híbridos nas diferentes altitudes (Figura 2).

O extrato da casca do híbrido Rubi do Cerrado na altitude de 104 metros apresentou menor efeito alelopático nas sementes de alface, entretanto, observou-se maior efeito alelopático na altitude de 41 metros, tanto para a germinação como para o IVG. Segundo Li et al. (2010), o aumento da permeabilidade da membrana celular pode ser em função dos aleloquímicos fenólicos, ocorrendo o aumento da peroxidação lipídica, sendo seguida de um crescimento lento ou morte do tecido vegetal.

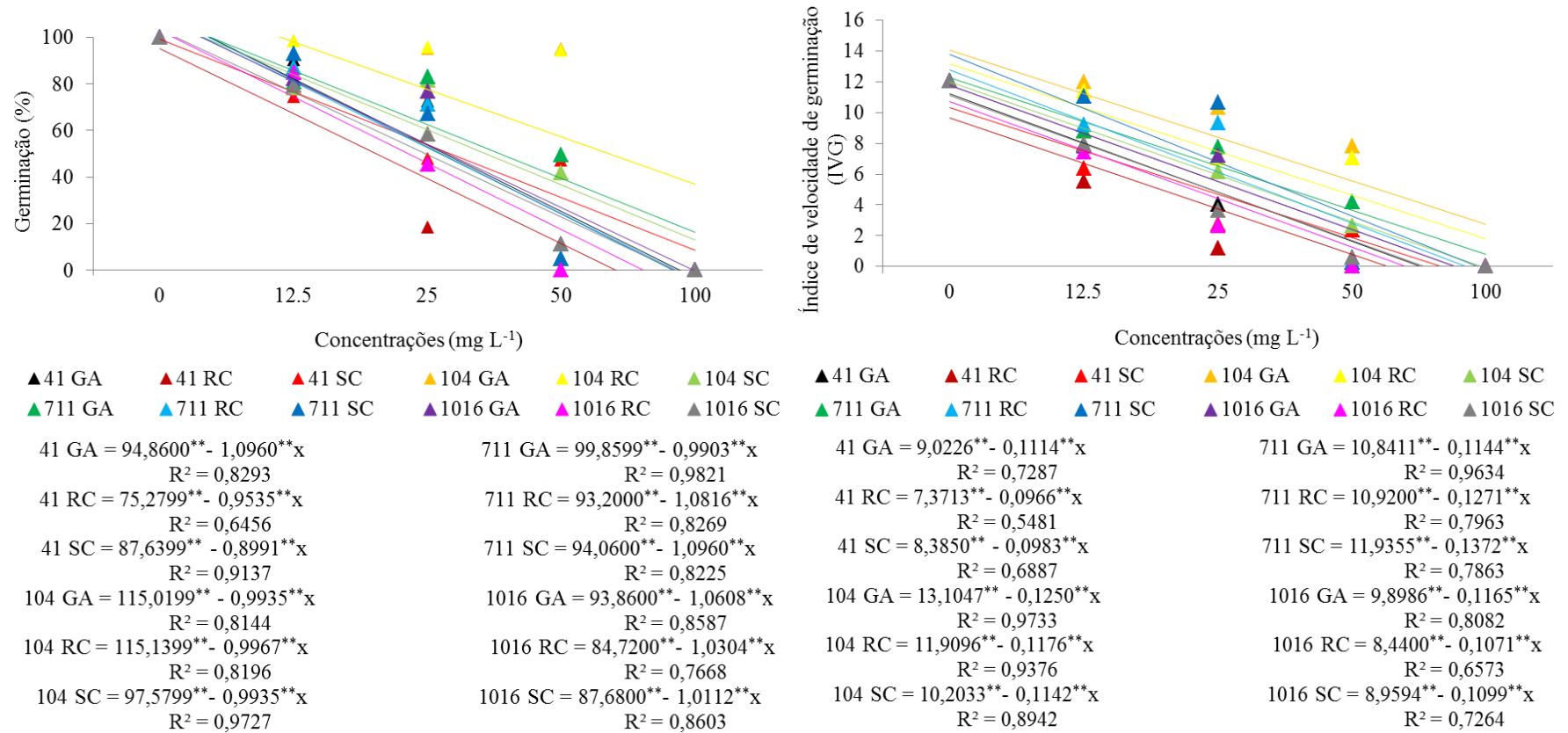


Figura 2 - Germinação (%) e índice de velocidade de germinação do extrato aquoso da casca de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes determinada por bioensaio *Lactuca sativa* L. em diferentes concentrações. **: significativo em nível de 1%. R² = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

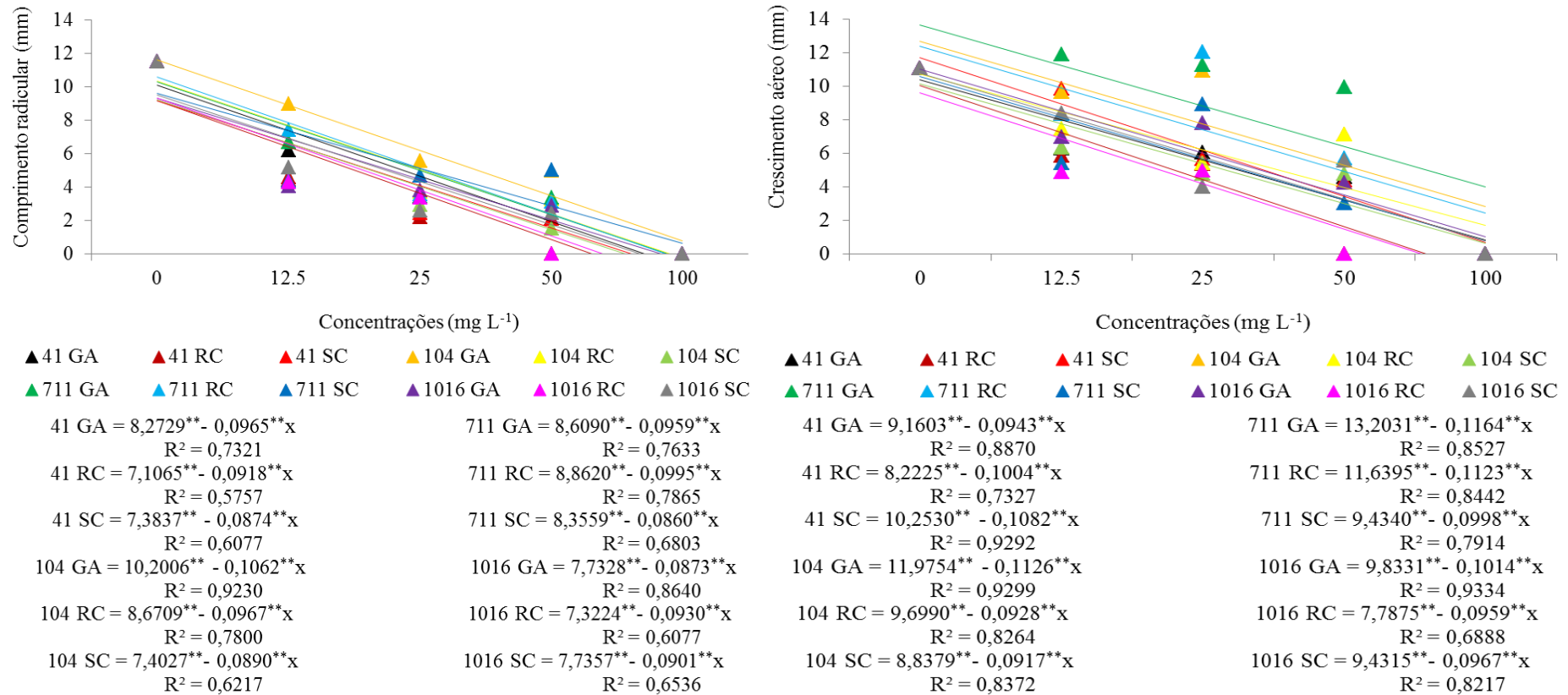


Figura 3 - Crescimento radicular (mm) e Crescimento aéreo (mm) do extrato aquoso da casca de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes determinada por bioensaio *Lactuca sativa* L. em diferentes concentrações. **: significativo em nível de 1%. R² = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

Tanto o crescimento radicular (CR) como o aéreo (CA) (Figura 3), apresentaram redução com o aumento das concentrações, sendo que o extrato das folhas do híbrido Rubi do Cerrado cultivado nas altitudes de 41 e 1016 m, inibiu a germinação e, conseqüentemente, o crescimento da raiz nas concentrações de 50%, enquanto para os híbridos das outras altitudes, os efeitos aleloquímicos dos seus extratos se assemelharam aos efeitos do glifosato.

Analisando os parâmetros de divisão celular normal de citogenética (Tabela 2), foi possível observar o efeito citotóxico dos extratos, sendo encontrado uma redução do índice mitótico (IM) com o aumento das concentrações do extrato, de modo que este se apresentou menor do que com as células tratadas com o herbicida comercial glifosato, indicando um efeito próprio e melhor. Foi observado que em menores concentrações dos extratos dos híbridos de maracujazeiros nas diferentes altitudes, maiores os valores dos parâmetros de divisão normal (interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase).

Resultados semelhantes foram observados em sementes de cebola (*Allium cepa*), tratadas com extratos de *Passiflora edulis* por Costalonga e Batitucci (2014), em que de acordo que se aumentava a concentração dos extratos de *Passiflora edulis* Sims, e o seu tempo de exposição a eles, mais se afetava o funcionamento do ciclo celular, reduzindo o IM e redução na germinação, como também os efeitos aneugênicos e clasteugênicos, indicando maiores alterações nucleares.

O processo mitótico normal torna-se essencial para que ocorra o crescimento celular em plantas (TEERARAK et al., 2010). A diminuição ou o aumento do índice mitótico (IM) pode ser utilizado em vários estudos como parâmetros de medição de citotoxicidade, com isso, pode-se determinar o nível de citotoxicidade de um composto. A ocorrência do bloqueio dos processos de divisão mitótica e a morte do núcleo, impedem o início da prófase e em seguida as divisões celulares, ocasionando o declínio no índice mitótico sugerindo que o crescimento reduzido da raiz, se relaciona com a redução do IM (ANDRADE et al., 2010), pois segundo Harashima e Schnittger (2010), a proliferação celular envolve o crescimento.

Tabela 2 - Parâmetros de divisão celular normal de células meristemáticas de raízes de *Lactuca sativa* L. de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes

Altitudes (m)	Híbridos	Concentrações (% m v ⁻¹)	I (%)	P (%)	M (%)	A (%)	T (%)	IM (%)
41	BRS GA	12,5	92,6b ⁽¹⁾	55,8a	23,5a	17,4	4,1	7,4
		25	93,9	59,5a	22,3a	16,7a	1,3b	5,5
		50	95,0	65,0	20,0a	15,0a	0,0	4,0
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BRS RC	12,5	92,4b	54,8a	23,8	18,2b	4,1	7,5
		25	94,1	58,9a	23,9	16,6a	1,3b	5,1
		50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BRS SC	12,5	92,9	56,9a	22,6a	16,7a	4,1	7,0
		25	93,9	61,3a	20,2a	17,0a	1,3b	5,5
		50	95,8	57,9a	23,2a	18,0	1,3b	3,5
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
104	BRS GA	12,5	93,2	48,0b	27,5b	21,6b	1,3b	6,7
		25	94,5	54,6ab	25,7b	18,4b	2,7	5,2
		50	96,0	47,2b	31,2	20,6b	0,0	2,7
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BRS RC	12,5	92,9	52,1b	26,2b	20,2b	2,7	7,0
		25	94,5	54,3ab	27,1b	17,3	2,7	5,3
		50	96,3	52,1b	28,9b	18,9b	0,0	3,3
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BRS SC	12,5	93,1	51,5b	25,5b	20,5b	1,3b	6,9
		25	94,6	54,0b	26,0b	18,6b	2,7	5,1
		50	97,2	50,7b	29,0b	19,4b	0,0	2,4
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		12,5	92,9	49,6b	28,8b	19,7b	2,7	7,0

711	BRS GA	25	94,7	54,0b	26,8b	17,8	2,7	5,1
		50	96,0	52,7b	27,9b	18,9b	0,0	3,5
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BRS RC	12,5	92,7	49,9b	28,5b	20,0b	1,3b	7,2
		25	94,6	55,4a	26,5b	17,6	2,7	5,2
		50	96,2	51,6b	30,1	21,1b	0,0	3,5
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BRS SC	12,5	92,6b	51,2b	28,2b	19,4b	1,3b	7,3
		25	94,9	56,2a	28,6b	16,9a	2,7	4,9
		50	97,2	47,6b	40,4	20,0b	0,0	2,1
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1016	BRS GA	12,5	92,7	55,6a	24,0	17,9	2,7
25			94,3	58,6a	22,5a	17,2	1,3b	5,2
50			96,0	53,3b	26,6b	20,0b	0,0	3,0
100			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BRS RC		12,5	92,7	49,4b	26,9b	20,6b	4,1	7,2
		25	94,8	56,5a	24,2b	18,3b	1,3b	4,7b
		50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BRS SC		12,5	92,9	55,2a	23,8	17,5	4,1	7,0
		25	94,2	58,4a	23,1a	16,5a	1,3b	5,4
		50	95,3	59,9a	22,8a	17,1	0,0	3,8
		100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Água		90,0a	58,4a	20,8a	15,2a	8,7a	9,9a	
Glifosato		92,4b	50,4b	26,9b	19,9b	1,3b	4,5b	

⁽¹⁾As médias seguidas pelas mesmas letras na coluna representam semelhança significativa, de acordo com o teste de Dunnett ($p > 0,05$). Em que: I% - porcentagem de intérfase; P% - porcentagem de prófase; M% - porcentagem de metáfase; A% - porcentagem de anáfase; T% - porcentagem de telófase; IM% - porcentagem de índice mitótico.

Nas menores concentrações da altitude de 41 m ocorreram maiores divisões normais, se assemelhando ao controle negativo, sendo evidenciado uma baixa ação alelopática para os híbridos BRS Sol do Cerrado e BRS Gigante Amarelo. Os extratos de 50% do híbrido BRS Rubi do Cerrado, tanto para as altitudes de 41 m quanto para as de 1016 m não apresentaram resultados de intérfase, conseqüentemente por que não ocorreu germinação, sendo evidenciado uma alta influência alelopática e resultados melhores do que comparado ao controle positivo, podendo ser considerado como um bioherbicida. Os extratos de 100% dos híbridos inibiram completamente a germinação de sementes. Os efeitos que a germinação e o crescimento das plantas sofrem com a ação de aleloquímicos são amplos, podendo afetar suas diversas funções fisiológicas, destacando-se os processos metabólicos, divisão celular, respiração e fotossíntese. Com isso, por uma ruptura normal do metabolismo, os aleloquímicos têm maior interação na germinação de sementes. Durante os estádios iniciais de germinação das sementes, podem ocorrer alguns processos, que podem ser diminuídos pela fitotoxicidade ou atrasados, e a mobilização de reservas pode sofrer esses efeitos (GNIAZDOWSKA; BOGATEK, 2005).

A toxicidade dos diferentes extratos pode ser indicada pelo índice mitótico (IM). Fernandes et al. (2007) propuseram que com base na redução ou aumento do índice mitótico, pode-se determinar o nível de citotoxicidade de um composto teste. Quando esses valores se apresentarem menores do que o controle negativo sugere que o crescimento e desenvolvimento de *L. sativa* L. foram afetados com a exposição aos tratamentos, caracterizando como citotoxicidade (PAULA et al., 2015). A redução na atividade mitótica pode ser indicada devido à síntese de DNA na fase S ser inibida (SUDHAKAR et al., 2001).

Nas análises de citotoxicidade (Tabela 3) foram utilizados ensaios microscópicos para possíveis avaliações, destacando-se as alterações cromossômicas (AC), a frequência de micronúcleos (MN), as alterações nucleares (AN), como também as frequências de cada tipo de AC, em que foram observados cromossomos aderentes, cromossomos perdidos, fragmentos cromossômicos, pontes cromossômicas, c-metáfases e poliploidização cromossômica. A genotoxicidade de determinada substância ou

composto é definida pelas aberrações cromossômicas, enquanto algumas anormalidades nucleares e o índice mitótico seriam utilizados para a determinação de citotoxicidade, e verificar a mutagenicidade analisando os micronúcleos (LEME; MARIN-MORALES, 2009).

As alterações cromossômicas também aumentaram na medida em que se aumentou a concentração dos extratos, com aumento significativo quando comparado ao controle negativo, e em algumas altitudes igualdade estatística ao controle positivo, apresentando maiores porcentagens em relação a este, sugerindo, dessa forma, ser genotóxico (LEME; MARIN-MORALES, 2009). Foi possível inferir que nas altitudes extremas, 41 e 1016 m, o híbrido Rubi do Cerrado apresentou um alto efeito alelopático, pois não ocorreram alterações em suas concentrações de 50%, ou seja, os efeitos das concentrações de 25% foram bastante fortes, evidenciando maiores alterações cromossômicas.

Pode-se relacionar a morte celular com a variável alterações nucleares (AN), sendo ela observada com maior frequência nas concentrações de 25 e 50 % dos extratos, pois pelo fraco potencial alelopático nas concentrações de 12,5%, as células ainda conseguiam realizar os processos de divisões, já nas concentrações de 100% não se obteve resultados, pois não ocorreu a germinação. A partir da quebra de cromossomos em função de lesões não reparadas ou quando reparadas de formas incorretas, se formam os micronúcleos (MNC), ou ainda devido à má segregação dos cromossomos ou uma má função mitótica. Esses foram observados nas concentrações de 50% dos extratos, devido sua forte presença alelopática, inibindo os processos normais de divisões celulares, se assemelhando ao glifosato. Os MNC na célula podem surgir espontaneamente, sendo considerados indicadores de citotoxicidade, sua indução, porém, é utilizada para se identificar danos genéticos originários da exposição à uma substância tóxica. Têm se interpretado como indicador de ação aneugênica e clastogênicas a presença de micronúcleos (BERNARDES et al, 2015).

Quando a estrutura cromossômica sofre alterações e com isso gera a perda das características normais de condensação ou alterações na sequência de DNA do indivíduo, é devido a ação do mecanismo clastogênico, sendo por ambas capazes de indicar a morte celular. As injúrias no fuso mitótico são provocadas pela ação aneugênica, sendo essas nocivas as células, afetando

na divisão celular a segregação simétrica dos cromossomos/cromátides, resultando em uma segregação cromossômica anormal, determinando nas células filhas o desequilíbrio genômico (FREITAS et al., 2016).

Tabela 3 - Alterações nucleares e cromossômicas observadas em células meristemáticas das raízes de *Lactuca sativa* de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) em diferentes altitudes

Altitude (m)	Híbrido	Concentração (% m v ⁻¹)	ACCELULA (%)	AC (%)	AN (%)	MNC (%)	Perdido (%)	Aderente (%)	C-Met (%)	Ponte (%)
41	BRS GA	12,5 ⁽¹⁾	6,03	0,48	0,00a	0,00a	0,53a	1,35a	2,68	1,89a
		25	14,33	0,82	0,50	0,00a	0,00a	3,47	7,14	3,48
		50	25,00b	1,00	1,00	0,10	0,00a	2,50	15,00	5,00b
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS RC	12,5	6,44	0,50	0,00a	0,00a	0,00a	1,59a	3,18	1,85a
		25	20,48	0,96	0,72	0,00a	1,92	3,70	11,12b	5,03b
		50	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS SC	12,5	9,356	0,62	0,00a	0,00a	0,00a	1,70a	4,24	2,83
		25	12,95	0,82	0,56	0,00a	1,78	1,80a	8,67b	2,90
		50	31,62	1,12b	0,58	0,14b	0,00a	5,63b	14,40	10,88
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
104	BRS GA	12,5	6,528	0,44	0,00a	0,00a	0,00a	1,49a	2,98	2,36
		25	15,78	0,82	0,26	0,00a	0,00a	3,92b	9,59b	5,83b
		50	42,06	1,10b	0,58	0,14b	0,00a	6,66	20,57	13,38
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS RC	12,5	6,51	0,44	0,00a	0,00a	0,00a	1,71a	2,28a	1,69a
		25	15,79	0,86	0,17a	0,00aa	0,00a	4,51b	8,86b	3,79
		50	29,61b	1,08	0,24	0,12b	0,00a	7,64	19,27	10,66
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS SC	12,5	7,25	0,50	0,00a	0,00a	0,00a	1,74a	3,18	2,60
		25	18,32	0,94	0,20aa	0,00a	0,00a	3,51	9,73b	5,07b
		50	37,39	0,76	0,32	0,12b	0,00a	0,00a	23,11	11,20
		100	0,00a	0,00a	0,00	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
BRS GA	12,5	5,64	0,40	0,00a	0,00a	0,00a	1,96a	2,54	1,40a	
	25	21,43	1,10b	0,14a	0,00a	1,88	5,43b	10,15b	5,46b	

711		50	32,99	1,18b	0,22	0,10	0,00a	5,00b	17,87	10,12
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS RC	12,5	8,24	0,60	0,00a	0,00a	0,00a	2,19	4,39	1,64a
		25	19,76	1,08	0,12a	0,00a	0,00a	4,99b	9,99b	5,77b
		50	35,20	1,24b	0,22	0,10	0,00a	5,65b	19,91	9,06
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS SC	12,5	7,85	0,58	0,00a	0,00a	0,00a	1,90	4,06	1,88a
		25	17,80	0,87	0,13a	0,00a	0,00a	4,87	8,48	4,43b
		50	38,26	0,8	0,70	0,22	0,00a	9,39	23,47	12,00
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS GA	12,5	6,10	0,44	0,00a	0,00a	0,00a	1,66a	3,04	1,38a
		25	16,06	0,84	0,44	0,00a	0,00a	3,44	8,02	4,59b
50		36,66	1,10b	1,00	0,10	0,00a	6,66	16,66	10,00	
100		0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	
1016	BRS RC	12,5	4,66	0,34	0,00a	0,00a	1,36	1,90a	2,47a	1,36a
		25	20,09	0,94	0,50	0,10	0,00a	2,97	11,56b	5,15b
		50	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	BRS SC	12,5	5,95	0,42	0,00a	0,00a	0,00a	1,41a	3,40	1,97a
		25	15,45	0,84	0,34	0,00a	1,85	2,96	8,43	3,67
		50	25,99b	1,00	0,86	0,12b	0,00a	5,22b	12,98	5,70b
		100	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	Água	1,40a	0,14a	0,00a	0,00a	0,00a	1,00a	1,00a	1,00a	
	Glifosato	27,40b	1,24b	3,04b	0,16b	4,00b	4,86b	10,16b	5,28b	

⁽¹⁾As médias seguidas pelas mesmas letras representam semelhança significativa, de acordo com o teste de Dunnett ($P > 0,05$). Onde: ACCELULA (%) porcentagem de alterações cromossômicas por divisão; AC (%) porcentagem de alterações cromossômicas por total de células; AN (%) porcentagem de alterações nucleares por total de células; MNC (%) porcentagem de micronúcleos por total de células; Perdido (%) porcentagem de cromossomos perdidos por células em divisão; Aderente (%) porcentagem de cromossomos aderentes por células em divisão; C-Met (%) porcentagem de c-metáfases por células em divisão; Ponte (%) porcentagem de pontes por células em divisão.

Pode-se analisar pela Tabela 3, que de acordo com que se aumentavam as concentrações dos extratos, as células meristemáticas expostas a esse composto apresentavam aumento em sua frequência de cromossomos aderentes. Sendo, provavelmente, irreversível a aderência cromossômica (Figura 4A), torna-se um indicador de que o material genético está sob influência tóxica, sendo um tipo de anormalidade nas proteínas histônicas da cromatina, e não no próprio DNA, geralmente determinando a morte celular, e um indicativo de ação clastogênicas e/ou aneugênica. Outras alterações cromossômicas como micronúcleos e pontes (Figura 4C) podem ser desencadeadas pela aderência cromossômica, já que os cromossomos tendem a se permanecerem juntos, e quando separados sofrem rupturas cromossômicas (FREITAS et al., 2016). De acordo com que se aumentaram as concentrações dos extratos, maiores as porcentagens de pontes, esse aumento dos fragmentos cromossômicos e de pontes sendo originários das quebras cromossomos, sugerem que os extratos demonstram o efeito clastogênico, ou seja, sua ação diretamente no DNA do indivíduo.

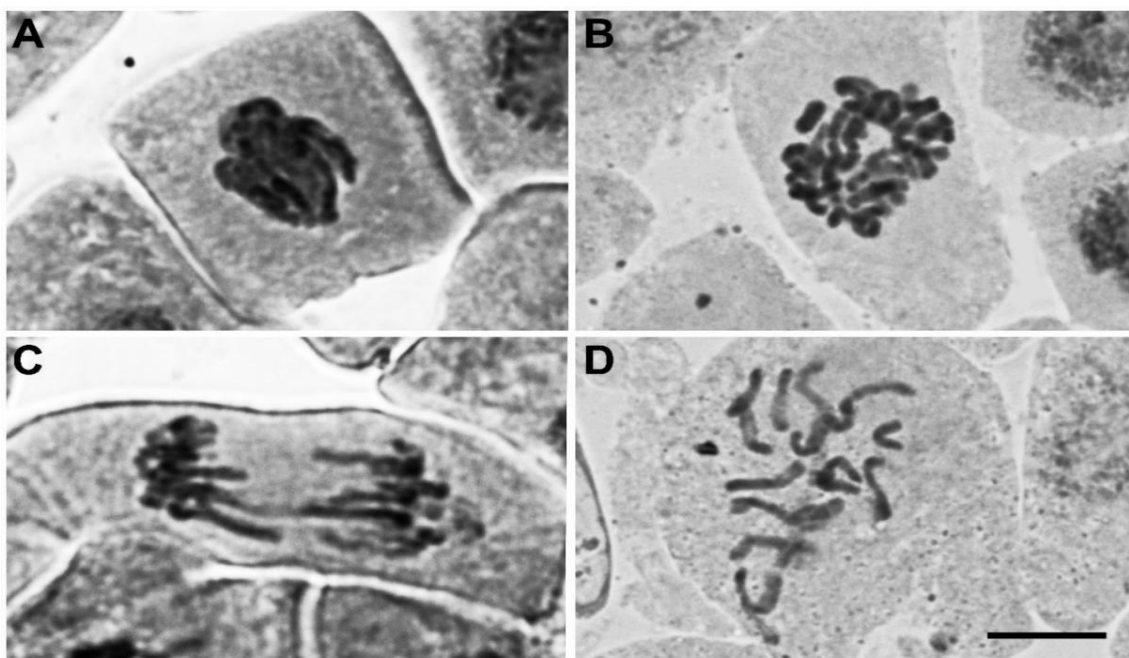


Figura 4 - Anormalidades nucleares e cromossômicas observadas em raízes meristemáticas de *Lactuca sativa* L. de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC)

em diferentes altitudes (41; 104; 711 e 1016 m). A = cromossomo aderente; B = cromossomo perdido; C = anáfase com ponte; D = C-metáfase.

De acordo com Leme e Marin-Morales (2009), o efeito genotóxico do agente teste é representado com o aumento da frequência de AC, enquanto que o efeito citotóxico pela elevada ocorrência de AN. O efeito mutagênico se relaciona com o aparecimento do micronúcleo (MN), sendo mais evidenciado esse efeito nas concentrações de 50% dos extratos. Com isso, foi demonstrado pelo extrato os efeitos genotóxico e citotóxico, pois indicou aumento nas AC e AN.

De acordo com a Tabela 3, a C-metáfase (Figura 4D) foi a anormalidade que se destacou em maior porcentagem, cuja presença se torna mais uma indicação da mutagenicidade dos extratos. O fuso nuclear se torna completamente inativado nas C-metáfases, sugerindo que nenhuma placa equatorial se tornaria organizada, e isso impede ou ocasiona atraso na divisão do centrômero. A presença contínua de células em C-metáfase pode conduzir essas células a uma duplicação no número de cromossomos.

7.4 CONCLUSÕES

O híbrido Rubi do Cerrado nas altitudes de 41 e 1016 m apresenta efeitos alelopáticos sobre a germinação e desenvolvimento de sementes de alface.

As concentrações de 50 e 100% dos extratos da casca apresentam efeitos semelhantes ao glifosato, inibindo a germinação de sementes.

O extrato apresenta aumento na mutagenicidade em função das concentrações.

Há maiores alterações nucleares e cromossômicas nas células em seus processos de divisões.

7.5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, H. M.; BITTENCOURT, A. H. C; VESTENA, S. Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre espécies cultivadas. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 33, Edição Especial, p. 1984-1990, 2009.

- ANDRADE, L. F.; DAVIDE, L. C.; GEDRAITE, L. S. The effect of cyanide compounds, fluorides, aluminum, and inorganic oxides present in spent pot liner on germination and root tip cells of *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety Journal**, v. 73, n.11, p. 626-663, 2010.
- ANDRADE-VIEIRA, L. F.; BOTELHO, C.M.; PALMIERI, M. J.; LAVIOLA, B G; PRAÇA-FONTES, M. M. Effects of *Jatropha curcas* oil in *Lactuca sativa* root tip bioassays. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, p. 373-382, 2014.
- BALIĆEVIĆ, R.; RAVLIĆ, M.; KNEŽEVIĆ, M.; SEREZLIJA, I. Allelopathic effect of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) water extracts on germination and initial growth of maize, **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 24, n. 6, p. 1844-1848, 2014.
- BERNARDES, P. M.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; ARAGÃO, F. B., FERREIRA, A.; FERREIRA, M. F. da S. Toxicity of difenoconazole and tebuconazole in *Allium cepa*. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 226, n. 7, p. 207, 2015.
- BRAGA, A.; MEDEIROS, T. P. de; ARAÚJO, B. V. de. Investigação da atividade antihiperlipemiantes da farinha da casca de *Passiflora edulis* Sims, Passifloraceae, em ratos diabéticos induzidos por aloxano. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 186-191, 2010.
- CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2015.
- CRUZ-SILVA, C. T. A.; NÓBREGA, L. H. P.; DELLAGOSTIN, S. M.; SILVA CFG. *Salvia officinalis* L. coverage on plants development. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, p. 488-493, 2016.
- FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; OLIVEIRA, E.J.; PEIXOTO, J.R., COSTA, A.M. **Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: histórico e perspectivas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 36 p. (Documentos/Embrapa Cerrados Nº 307).
- FERNANDES, T. C. C.; MAZZEO, D. E. C.; MORALES, M. A. M. Mechanism of micronuclei formation in polyploidized cells of *Allium cepa* exposed to trifluralin herbicide. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 88, n. 3, p. 252–259, 2007.

- FREITAS, A. S.; CUNHA, I. M. F.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; TECHIO, V. H. Effect of SPL (Spent Pot Liner) and its main components on root growth, mitotic activity and phosphorylation of Histone H3 in *Lactuca sativa* L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 124, n. 1, p. 426-434, 2016.
- FRENNE, P.; GRAAE, B. J.; SÁNCHEZ, F. R.; KOLB, A.; CHABRERIE, O.; DECOCQ, G.; KORT, H. de; SCHRIJVER, A. de; DIEKMANN, M.; ERIKSSON, O.; GRUWEZ, R.; HERMY, M.; LENOIR, J.; PLUE, J.; COOMES, D. A.; VERHEYEN, K. Latitudinal gradients as natural laboratories to infer species responses to temperature. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 3, p. 784-795, 2013.
- GATTI, A. B.; TAKAO, L. K.; PEREIRA, V. C.; FERREIRA, A. G.; LIMA, M. I. S.; GUALTIERI, S. C. J. Seasonality effect on the allelopathy of cerrado species. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n.3, p. 64-69, 2014.
- GATTI, A. B.; TAKAO, L. K.; PEREIRA, V. C.; FERREIRA, A. G.; LIMA, M. I. S.; GUALTIERI, S. C. J. Seasonality effect on the allelopathy of cerrado species. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 64-69, 2014.
- GNIAZDOWSKA, A.; BOGATEK, R. Allelopathic interactions between plants. Multisite action of allelochemicals. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 27, n. 3, p. 395-407, 2005.
- GUSMAN, G. S.; BITTENCOURT, A. H. C.; VESTENA, S. Alelopatia de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre a germinação e desenvolvimento de espécies cultivadas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 119-125, 2008.
- HARASHIMA, H.; SCHNITTGER, A. The integration of cell division, growth and differentiation. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 13, n. 1, p. 66-74, 2010.
- INCAPER. Dados meteorológicos. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em 3 de Fev 2018.
- INDERJIT; WARDLE, D. A.; KARBAN, R.; CALLAWAY, R. M. The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 12, p. 655–662, 2011.
- KONSTANTINOVIĆ, B.; BLAGOJEVIĆ, M.; KONSTANTINOVIĆ, B.; SAMARDŽIĆ, N. Allelopathic effect of weed species *Amaranthus retroflexus* L. on maize seed germination. **Romanian Agricultural Reserach**, v. 31, p. 315-321, 2014.

- LEME, D. M.; MORALES, M. A. M. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71-81, 2009.
- LI, Z. H.; WANG, Q.; RUAN, X.; PAN, C. D.; JIANG, D. A. Fenólicos e alelopatia planta. **Moléculas**, v. 15, p. 8933-8952, 2010.
- MACEL, M.; VOS, R. C. H.; JANSEN, J. J.; PUTTEN, W. H.; DAM, N. M. Novel chemistry of invasive plants: exotic species have more unique metabolomic profiles than native congeners. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 13, p. 2777-2786, 2014.
- MARASCHIN, F. S.; AQUILA, M. E. A. Contribution to the study of native species allelopathic potential. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 547-555, 2006.
- PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. D. S.; PETTER, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F. D.; ALMEIDA, F. A. D. Cover crops on the development of beggar's-tick. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 170-177, 2013.
- PANDARD, P.; DEVILLERS, J.; CHARISSOU, A. M.; POULSEN, V.; JOURDAIN, M. J.; FÉRARD, J. F.; GRAND, C.; BISPO, A. Selecting a battery of bioassays for ecotoxicological characterization of wastes. **Science of the Total Environment**, v. 363, n. 1-3, p. 114-125, 2006.
- PAULA, C.; CANTELI, V.; SILVA, C.; MIGUEL, O.; MIGUEL, M. Estudo do potencial fitotóxico de extratos de *Bauhinia unguolata* L. sobre a divisão celular e atividade enzimática em plântulas de alface. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 577-584, 2015.
- PAWLOWSKI, Â.; KALTCHUK-SANTOS, E.; BRASIL, M. C.; CARAMÃO, E. B.; ZINI, C. A.; SOARES, G. L. G. Chemical composition of *Schinus lentiscifolius* March. essential oil and its phytotoxic and cytotoxic effects on lettuce and onion. **South African journal of botany**, v. 88, n. 1, p. 198-203, 2013.
- R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 30 agosto de 2017.
- REEF, R.; LOVELOCK, C. E. Historical analysis of mangrove leaf traits throughout the 19th and 20th centuries reveals differential responses to increases in atmospheric CO₂. **Global Ecology Biogeography**, v. 23, n. 11, p. 1209-1214, 2014.

ŠEŽIENĖ, V.; BALEŽENTIENĖ. L.; OZOLINČIUS, R. Allelopathic impact of some dominants in clean cuttings of scots pine forest under climate change conditions. **Ekologija**, v. 58, n. 2, p. 59-64, 2012.

SOUSA, M. S.; SILVA, O. S.; CAMPOS, J. M. S.; VICCINI, L. F. Efeitos citotóxicos e genotóxicos de duas espécies medicinais de Verbenaceae. **Caryologia**, v. 62, n. 4, p. 326-333, 2009.

SUDHAKAR, R.; GOWDA, N.; VENU, G. Mitotic abnormalities induced by silk dyeing industry effluents in the cells of *Allium cepa*. **Cytologia**, v. 66, p. 235–239, 2001.

TEERARAK, M.; LAOSINWATTANA, C.; CHAROENYING, P. Evaluation of allelopathic, decomposition and cytogenetic activities of *Jasminum officinale* L. f. var. *grandiflorum* (L.) Kob. on bioassay plants. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 14, p. 5677–5684, 2010.

THORPE, A. S.; THELE, G. C.; DIACONU, A.; CALLAWAY, R. M. Root exudate is allelopathic in invaded community but not in native community: field evidence for the novel weapons hypothesis. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 641–645, 2009.

TURKOGLU, S. Evaluation of genotoxic effects of sodium propionate, calcium propionate and potassium propionate on the root meristem cells of *Allium cepa*. **Food and Chemical Toxicology**, v. 10, n. 2, p. 123-9, 2008.

8 CAPÍTULO 5: INVESTIGAÇÃO DO EFEITO DE INFUSÕES FOLIARES DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIROS NO BIOENSAIO *Lactuca sativa* L.

RESUMO: O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) é uma planta frequentemente empregada na medicina popular, em virtude das suas propriedades calmantes. No entanto, vários estudos têm alertado sobre a toxicidade de substâncias presentes em plantas medicinais, que podem representar riscos para a saúde humana. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo investigar o efeito da infusão foliar de três híbridos de *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*, cultivados em diferentes altitudes, em bioensaios com *Lactuca sativa* L. Foram utilizadas diferentes concentrações de infusão (12,5; 25; 50 e 100 g L⁻¹) preparadas a partir de folhas dos híbridos BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do Cerrado e BRS Sol do Cerrado, coletados em altitudes de 41; 104; 711 e 1016 metros. Água destilada foi utilizada como controle negativo. Foram avaliados: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, crescimento radicular e aéreo, índice mitótico, frequências das alterações cromossômicas e nucleares. A fim de testar a influência dos metabólitos secundários nas variáveis fitotóxicas e citotóxicas o conteúdo de flavonoides totais foi quantificado. O aumento das concentrações das infusões foliares dos híbridos de *P. edulis* f. *flavicarpa*, cultivados em diferentes altitudes causa efeito alelopático e mutagênico em *L. Sativa* L. Os resultados sugerem que deve haver cautela quando se utiliza *P. edulis* (maracujá) como planta medicinal.

Palavras-chave: *Passiflora* spp. Genótipo. Alelopatia. Bioensaios vegetais. Índice mitótico. Mutagênese.

ABSTRACT: The yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) is a plant frequently used in folk medicine because of its soothing properties. However, several studies have warned about the toxicity of substances present in medicinal plants, which may pose risks to human health. In this sense, the present work had as objective to investigate the effect of the foliar infusion of three hybrids of *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*, grown at different altitudes, in bioassays with *Lactuca sativa* L. Different infusion concentrations (12.5; 25, 50 and 100 g L⁻¹) prepared from leaves of BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do

Cerrado and BRS Sol do Cerrado, collected at altitudes of 41; 104; 711 and 1016 meters. Distilled water was used as a negative control. Germination percentage, germination speed index, root and aerial growth, mitotic index, frequencies of chromosomal and nuclear alterations were evaluated. In order to test the influence of secondary metabolites on phytotoxic and cytotoxic variables, the total flavonoid content was quantified. The increase of the concentrations of leaf infusions of hybrids of *P. edulis* f. *flavicarpa* grown at different altitudes causes an allelopathic and mutagenic effect on *L. sativa* L. The results suggest that caution should be exercised when using *P. edulis* (passion fruit) as a medicinal plant.

Keywords: *Passiflora* spp. Genotype. Allelopathy. Vegetable bioassays. Mitotic index. Mutagenesis.

8.1 INTRODUÇÃO

As plantas medicinais têm sido utilizadas para tratamento da saúde de humanos e a maioria dessas plantas contém uma série de metabolitos secundários que podem funcionar como repelentes, venenos, hormônios e como atraentes em alguns casos (FALODUN, 2010; WINK, 2015). As plantas apresentam muitos compostos com efeitos mutagênicos, e a aplicação indiscriminada destas e do potencial tóxico de seus compostos pode apresentar riscos à saúde humana (SOUSA et al., 2010).

Um ensaio biológico comumente utilizado para validar o efeito causado pelas plantas medicinais está baseado na avaliação de células meristemáticas de raízes e análise do ciclo celular, permitindo a observação de alterações durante a mitose e possibilitando identificar se o composto vegetal apresenta ação citotóxica, genotóxica, mutagênica ou até mesmo cancerígena (LEME; MARIN-MORALES, 2009).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é um bioensaio bastante eficiente para a identificação de substâncias perigosas, especialmente no que diz respeito aos diferentes tempos de exposição à fitotoxicidade durante os primeiros dias de desenvolvimento da plântula e na determinação da frequência de células em divisão e alterações no ciclo celular (ANDRADE-VIEIRA et. al., 2014). Esta espécie se destaca por apresentar alta atividade proliferativa, rápido

crescimento, elevado número de sementes, cromossomos grandes e alta sensibilidade aos compostos mutagênicos e genotóxicos presentes em extratos de plantas medicinais (RIBEIRO et al., 2013). Além disso, os procedimentos de laboratório para estes testes têm baixo custo e geram resultados em curto prazo (ARAGÃO et al., 2017).

Passiflora edulis Sims, membro da família Passifloraceae, tem grande potencial medicinal no Brasil e por este motivo passou a compor o RENISUS – Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS, 2016).

Os principais componentes químicos presentes nas espécies de *Passiflora* são os flavonóides, que apresentam importância química e se destacam como possíveis agentes farmacológicos. O conteúdo de flavonóides está sujeito a variações devido à época da colheita, ao local de cultivo, a metodologia de análise empregada e a degradação por fungos ou bactérias (DHAWAN et al., 2004). Esteróides, taninos, alcalóides, polifenóis (agentes antioxidantes), carotenóides e cumarinas (responsáveis pela atividade antibacteriana) também são importantes componentes químicos presentes nas espécies de *Passiflora* (BRAGA et al., 2010).

Diante disso, objetivou-se com este estudo investigar o efeito de infusões foliares de híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* (BRS Sol do Cerrado, BRS Rubi do Cerrado e BRS Gigante Amarelo) cultivados em diferentes altitudes, a fim de identificar sua atividade mutagênica, fitotóxica, citotóxica e genotóxica.

8.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Melhoramento Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Os extratos utilizados foram obtidos a partir de folhas de híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* – BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Sol do Cerrado (SC) e BRS Rubi do Cerrado (RC) - colhidas em diferentes altitudes (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização dos experimentos

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Marataízes	21° 05' 13,73" S	40° 54' 15,71" O	41
Jerônimo Monteiro	20° 48' 9,93" S	41° 24' 24,85" O	104
Alegre	20° 37' 51,91" S	41° 36' 15,97" O	711
Ibitirama	20° 28' 09,40" S	41° 43' 31,63" O	1016

Para a extração dos flavonoides totais, as folhas dos diferentes híbridos de *P. edulis* f. *flavicarpa* foram secas em estufa de ar circulante (temperatura inferior à 40°C), moídas em moinho de facas e extraídas por infusão aquosa, na proporção planta:solvente de 1:10 (m/v) a 90 °C, durante 10 min. Após o arrefecimento, os extratos foram filtrados e liofilizados. A metodologia utilizada foi adaptada do trabalho de Costa et al. (2016).

A determinação dos flavonoides totais presentes nos extratos foliares liofilizados dos híbridos de *P. edulis* f. *flavicarpa* foi realizada por método espectrofotométrico modificado, após reação com cloreto de alumínio, desenvolvido por Fu et al. (2010). A metodologia utilizada foi baseada no trabalho de Gomes et al. (2017), seguindo as etapas:

Preparo das amostras: O extrato (2,0 mg) foi dissolvido em 10 mL de metanol em balão volumétrico de 10 mL (0,2 mg/mL) e agitado em Vórtex.

Curva de calibração: A solução estoque de quercetina foi preparada em metanol, na concentração de 1 mg L⁻¹ em balão volumétrico de 50 mL. As soluções-padrão foram preparadas da solução estoque, obtendo-se 13 concentrações de quercetina que variaram de 2 a 26 µg L⁻¹.

Reação: Em 1 mL da amostra, foram adicionados 4 mL de água destilada e 200 µL de solução aquosa de nitrato de sódio (NaNO₃) 5% (m/v) e, após seis minutos, 200 µL da solução metanólica de cloreto de alumínio (AlCl₃) 10% (m/v) foi adicionado à mistura reacional. Após cinco minutos, foi adicionado 2 mL da solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 10% e metanol para completar o volume no balão volumétrico de 10 mL. Aguardou-se o tempo de reação de 30 minutos após a adição do cloreto de alumínio e procederam-se as

leituras no espectrofotômetro no comprimento de onda de 425 nm.

Para as análises de citogenética e fitotoxidez, os experimentos foram realizados no Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). As infusões utilizadas foram obtidas a partir de folhas de híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* - GA, SC e RC - coletadas em diferentes altitudes (Tabela 1).

Uma concentração de 3-5 g do pó de folhas dessecadas é comumente usada para preparar 150 mL de chá de *P. edulis* (LORENZI; MATOS, 2008). Com base nestas informações, concentrações de 12,5; 25; 50 e 100 g L⁻¹ de infusão foram preparadas a partir das folhas dos diferentes híbridos de *P. edulis*. A concentração de 25 g L⁻¹ corresponde à utilizada no preparo de chás de *P. edulis* na medicina popular.

Para o preparo das infusões, as folhas dos híbridos de *P. edulis* f. *flavicarpa* foram liofilizadas por 72 h para a desidratação. Posteriormente, 30 g de folhas trituradas de cada híbrido foram colocadas em 300 mL de água destilada aquecida a 100 °C. Após descanso de 10 minutos, as infusões foram filtradas e diluídas em água destilada para obter as concentrações utilizadas no estudo.

As sementes de *Lactuca sativa* L. (alface crespa cv. Grand Rapids - TBR Isla[®]), utilizadas como modelo vegetal, foram adquiridas no comércio local na cidade de Alegre-ES.

Para a realização dos bioensaios fitotóxicos, além do controle negativo com água destilada (CN), as sementes foram expostas às concentrações de 12,5; 25; 50 e 100 g L⁻¹ das infusões foliares preparadas.

As sementes foram acondicionadas em placas de Petri cujo fundo foi coberto com papel filtro e diretamente embebidas com as concentrações correspondentes das infusões, ou água destilada; cada placa continha 25 sementes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada tratamento constituído por cinco repetições. As placas foram lacradas com plástico filme e mantidas em câmara de germinação do tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) à 24 ± 2 °C, com presença de luz.

Realizou-se uma avaliação macroscópica, baseada no acompanhamento da germinação (G%) e na medição do crescimento radicular e aéreo das sementes de *L. sativa* L.. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi contabilizado após a exposição em água destilada e após 8; 16; 24; 32 40 e 48 h de exposição aos tratamentos. O crescimento radicular e aéreo foram analisados após 48 e 120 h de exposição aos tratamentos, respectivamente.

Após a medição radicular (48 h de exposição), 10 raízes de cada tratamento foram fixadas em metanol: ácido acético (3:1), e armazenadas a -20 °C. Para as avaliações citotóxicas, lâminas foram preparadas pela técnica de esmagamento e coradas comorceína acética 2% (ANDRADE-VIEIRA et al., 2014).

Foram analisadas 5000 células meristemáticas por tratamento, sendo observadas e quantificadas as diferentes fases da divisão mitótica, possíveis alterações cromossômicas e nucleares. O índice mitótico foi obtido dividindo-se o número de células em divisão (prófase, metáfase, anáfase e telófase) pelo total de células avaliadas em cada tratamento. As frequências das alterações cromossômicas totais foram obtidas dividindo o número de alteração cromossômica pelo número total de células em divisão. Também foram contabilizadas as porcentagens das alterações cromossômicas de maneira isolada, sendo elas: cromossomos perdidos, cromossomos aderentes, c-metáfases e pontes cromossômicas. Já as frequências das alterações nucleares foram obtidas dividindo o número de alterações nucleares (micronúcleo e núcleo condensado) pelo número total de células avaliadas (ANDRADE-VIEIRA et al., 2014).

Os dados de fitotoxicidade e citotoxicidade foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4 x 4 +1 [três híbridos (GA, RC e SC) x quatro altitudes (41; 104; 711 e 1016 m) x quatro concentrações dos extratos (12,5; 25; 50; 100%) + controle com água destilada com cinco repetições.

Os dados dos flavonóides foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4 (três híbridos e quatro altitudes) com três repetições.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos e à análise de variância, e quando o valor de F foi significativo em nível de 5% realizou-se a comparação de médias pelo teste de Dunnett para os dados de fitotoxicidade e citotoxicidade e teste de Tukey para os flavonoides.

Para o efeito das concentrações dos extratos, os dados foram submetidos à análise de regressão e, para o ajuste das equações lineares foi utilizado como critério a significância dos betas ($p \leq 0,05$). Para todas as análises foi utilizado o programa estatístico R empregando-se o pacote ExpDes (R CORE TEAM, 2017).

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os híbridos que apresentaram os maiores teores de flavonoides totais foram o RC cultivado na altitude de 104 m (18,67%), seguido do SC cultivado à 41 m (15,88%) e em 711 m (15,88%) (Figura 1).

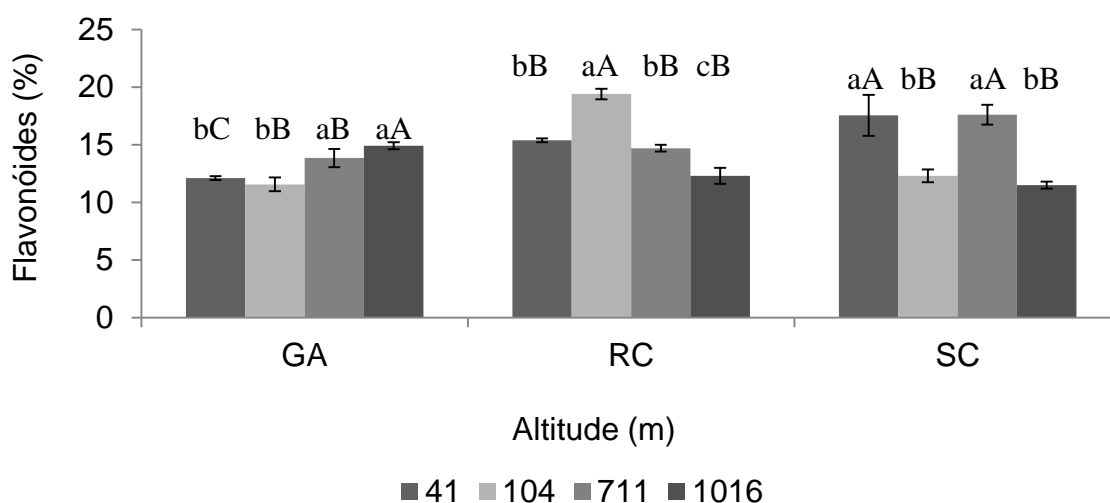


Figura 1 - Conteúdo de flavonoides totais (%) das folhas de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) colhidos em diferentes altitudes.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula (altitudes), maiúscula (híbridos) não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de acordo com o teste de Tukey.

O local de colheita e a altitude influenciaram no teor de flavonoides totais dos três híbridos estudados. Cada híbrido apresentou uma maior concentração de flavonoides em altitudes diferentes. O híbrido GA apresentou comportamento diferencial, o que pode estar associado com a característica genética do genótipo, em relação aos demais, com aumento do conteúdo de flavonoides totais, de acordo com a elevação da altitude, que pode estar associado às condições climáticas da região de cultivo. Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Gilles et al. (2010) e Verdeguer et al. (2009), em que a constituição química de uma espécie depende de vários fatores, característica genética e da origem geográfica, respectivamente.

Os dados do efeito fitotóxico das infusões preparadas a partir dos híbridos GA, RC e SC - cultivados a 41; 104; 711 e 1016 metros de altitude - nas diferentes variáveis testadas são apresentados na Figura 2. Notou-se dependência da concentração da infusão em todas as variáveis testadas, evidenciando o potencial alelopático dos híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*.

As sementes de *L. sativa* L. sofreram inibição gradual, de acordo com o aumento das concentrações de aplicação em todas as características avaliadas. Após 48 h de exposição, observou-se que a concentração de 100 g L⁻¹ inibiu o crescimento radicular de todos os híbridos. Além disso, apenas três híbridos (GA cultivado à 104 m e o RC e SC cultivados a 1016 m) apresentaram germinação e crescimento aéreo com 120 horas de exposição (Figura 2).

O declínio na taxa de germinação com o tratamento de 25 g L⁻¹ foi significativo quando comparado com o controle, e mesmo não sendo suficiente para causar inibição total, como observado nas sementes de *L. sativa* L. tratadas com a concentração de 100 g L⁻¹ da infusão foliar, apresentou toxicidade (Figura 2).

Nesse sentido, os compostos fenólicos, como os flavonóides presentes em *P. edulis*, são compostos químicos altamente reativos, e compreendem os aleloquímicos solúveis em água mais comuns em plantas que apresentam potencial alelopático (ARAGÃO et al., 2017). Os compostos fenólicos podem alterar a permeabilidade da membrana plasmática, a síntese de proteínas,

atividade enzimática, síntese hormonal e o processo da fotossíntese, consequentemente, afetando o crescimento normal de plantas (LI et al., 2010).

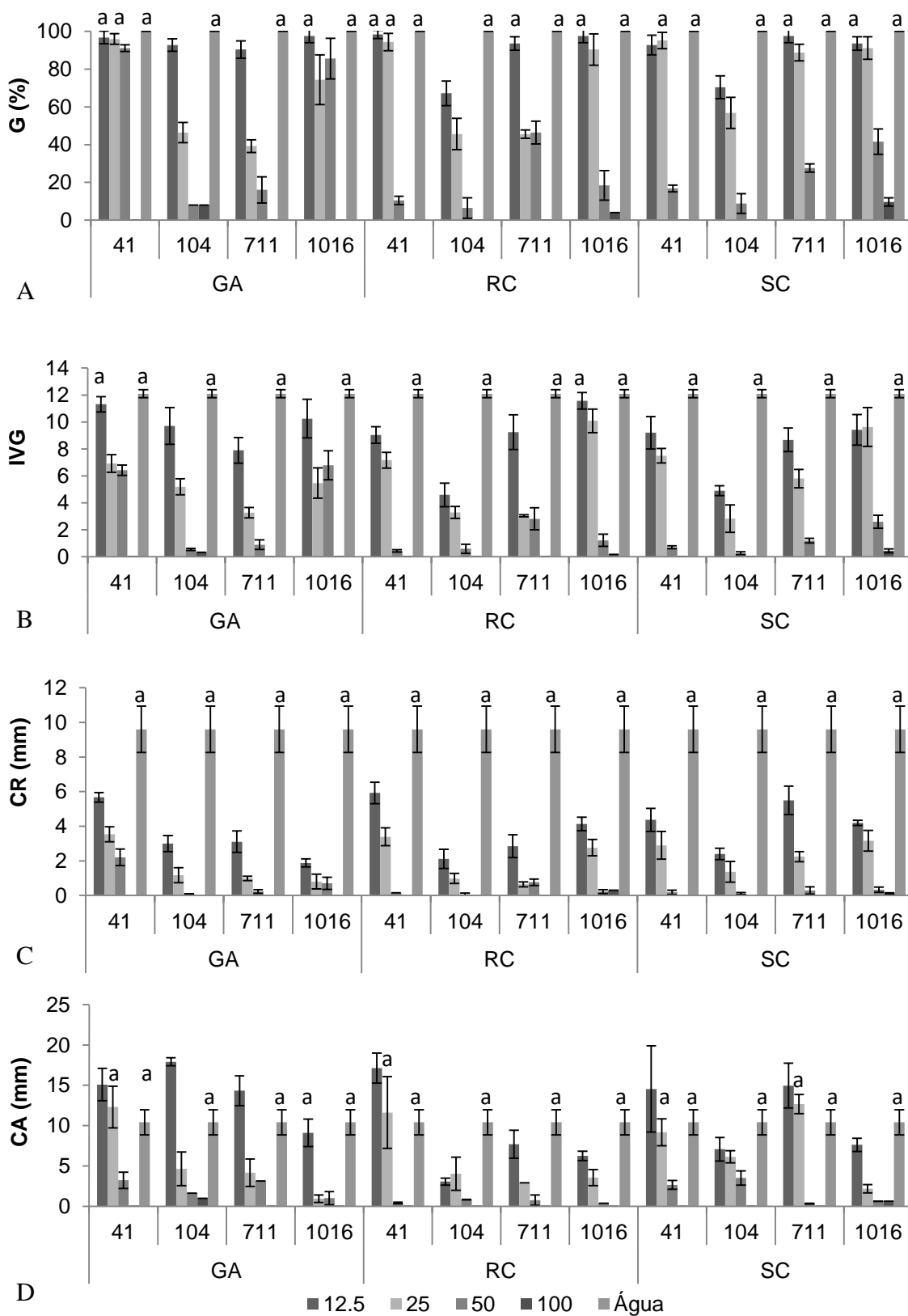


Figura 2 - Atividade fitotóxica da infusão foliar de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC), determinada pelas variáveis macroscópicas observadas por meio do bioensaio com *Lactuca sativa* L.: (A) G (%) (germinação); (B) IVG (índice de velocidade de germinação); (C) CR (mm) (crescimento radicular); (D) CA (mm) (crescimento aéreo). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

À medida que as concentrações das infusões aumentaram observou-se diminuição no número de sementes germinadas e no índice de velocidade de germinação, sendo encontrado 0% de germinação na concentração de 100 g L⁻¹ e 0 de índice de velocidade de germinação na mesma concentração (Figura 3).

As sementes de alface tratadas com as infusões preparadas a partir de folhas dos híbridos RC e SC cultivados a 104 m de altitude apresentaram os menores valores de germinação e índice de velocidade de germinação. Já as infusões dos híbridos RC e GA cultivados a 1016 m apresentaram os maiores valores para estas mesmas variáveis (Figura 3).

Bagatini et al. (2007) também relataram queda na capacidade das células tratadas com infusões de diversas plantas medicinais em iniciar a divisão celular, associada ao declínio no crescimento radicular. Além disso, o uso de modelos vegetais como indicadores de agentes tóxicos apresentam boa correlação com outros modelos e sistema-teste, como os animais (SANTIAGO, 2015). Mesmo assim, outras pesquisas utilizando sistemas específicos de teste dirigidos a seres humanos são necessárias para avaliar perfeitamente como essa toxicidade se traduz na fisiologia de um organismo animal, como também relatado por Luber et al. (2015).

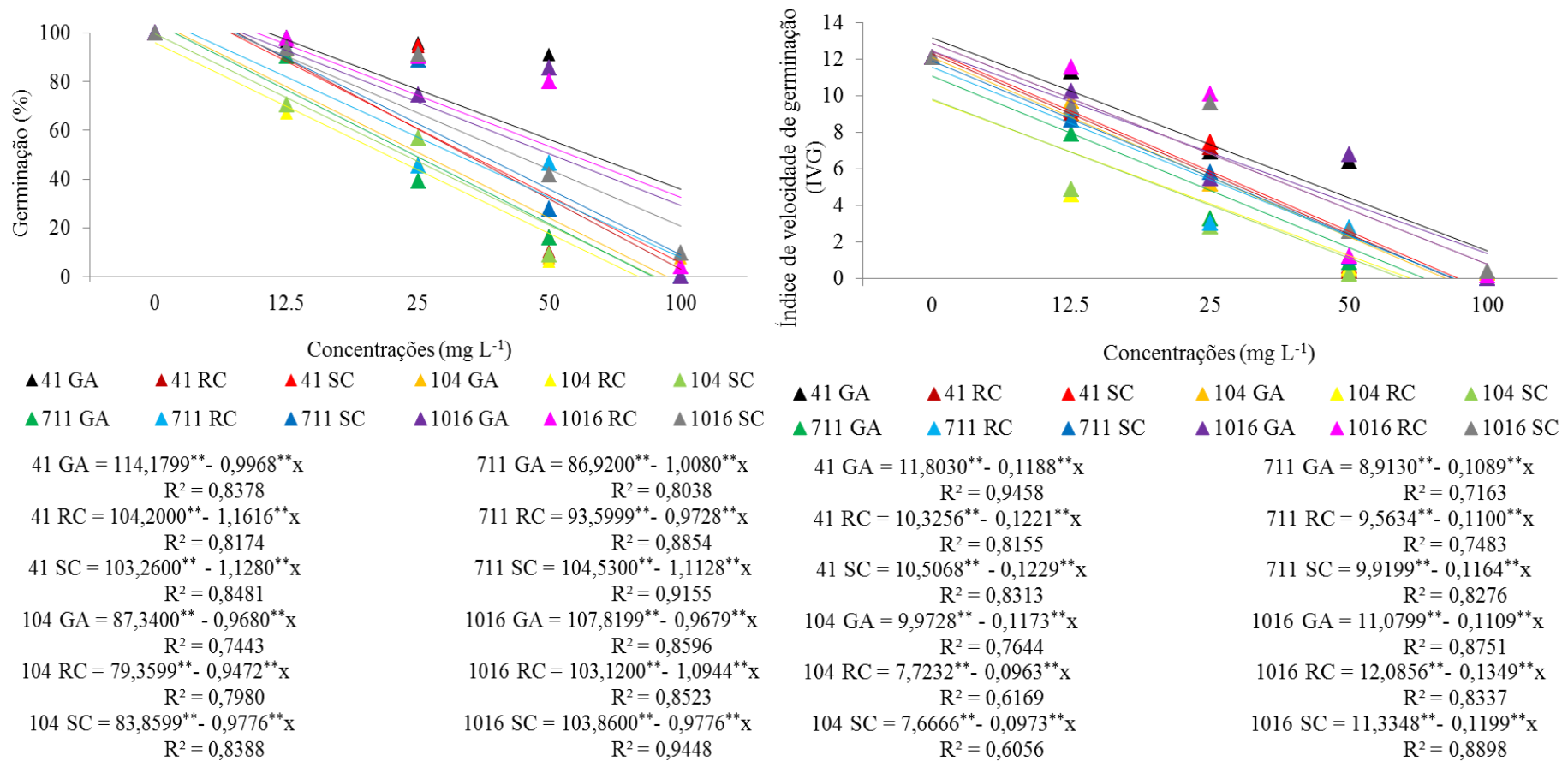


Figura 3 - Germinação (%) e índice de velocidade de germinação das sementes de *Lactuca sativa* L. submetidas a diferentes concentrações de infusão foliar de híbridos de maracujazeiros BRS Gigante Amarelo (GA), BRS Rubi do Cerrado (RC) e BRS Sol do Cerrado (SC) coletados em diferentes altitudes. **: significativo em nível de 1%. R² = coeficiente de determinação do ajuste da regressão.

Observou-se diferença estatística no índice mitótico (IM) para todos os tratamentos em relação ao controle negativo. Houve um decréscimo dos valores conforme aumento da concentração da infusão e uma diminuição significativa no IM nas concentrações de 25 e 50 g L⁻¹ (Tabela 2).

Considerando que esta concentração também influenciou um declínio em todas as variáveis macroscópicas testadas (germinação, crescimento radicular e aéreo), e que é a concentração recomendada no preparo medicinal, deve-se aprofundar os estudos sobre o potencial tóxico de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*, a fim de validar essa espécie para uso medicinal.

O índice mitótico corresponde ao número total de células em divisão durante o ciclo celular, e as alterações nesse índice auxiliam na determinação do grau de citotoxicidade de um agente ou composto (FERNANDES et al., 2007). A redução do índice mitótico pode estar relacionada a distúrbios causados no crescimento e desenvolvimento do organismo exposto (CAMPOS et al., 2008).

A máxima concentração testada influenciou significativamente o ciclo celular, reduzindo a capacidade das células de saírem da intérfase e entrarem em divisão celular. Esse resultado evidenciou que a exposição aos compostos presentes na infusão, desde o início do processo germinativo, altera o funcionamento do ciclo celular, resultados que corroboram com aqueles observados por Costalonga e Batitucci (2014).

Tabela 2 - Parâmetros de divisão celular normal e índice mitótico (IM) de células meristemáticas de *Lactuca sativa* L.

Híbrido	Altitude (m)	Concentração (g L ⁻¹)	I (%)	P (%)	M (%)	A (%)	T (%)	IM (%)
GA	41	12,5	91,9	51,3	25,9	17,0a	6,3a	8,1
		25	93,7	53,4	28,2	14,7a	3,0	6,1
		50	95,0	56,0a	27,8	14,8a	1,3	4,3
	104	12,5	92,1	57,8a	22,9a	15,3a	4,1	7,8
		25	93,0	54,3	26,8	16,2a	2,1	6,4
		50	96,0	84,3	12,4	4,1	0,0	2,4
	711	12,5	91,9	59,0a	22,2a	13,9a	5,2	8,0
		25	93,2	63,5	21,3a	12,9	2,4	6,6
		50	96,2	76,7	14,8	5,8	4,1	3,0
	1016	12,5	91,6	53,0	24,7	16,4a	6,5a	8,4
		25	93,9	56,5a	24,6	15,4a	2,7	5,8
		50	95,4	56,8a	25,6	16,0a	1,3	3,9
RC	41	12,5	91,3	48,5	28,7	18,6	4,9	8,7
		25	91,7	44,9	29,2	21,6	4,3	7,8
		50	97,1	80,9	19,0a	0,0	0,0	1,7
	104	12,5	93,1	58,1a	21,6a	15,9a	2,8	6,6
		25	94,7	50,2	26,9	18,7	2,7	4,9
		50	96,0	70,3	18,4a	7,8	1,3	3,0
	711	12,5	92,6	45,5	32,4	16,0a	6,8a	7,3
		25	94,8	44,6	33,4	19,1	2,4	5,0
		50	95,5	48,2	31,1	19,5	1,3	3,7
	1016	12,5	91,9	49,7	27,9	17,3	6,1a	8,0
		25	93,9	49,8	27,7	19,7	2,1	5,9
		50	96,5	76,4	19,6a	4,9	0,0	2,0
SC	41	12,5	92,2	49,4	27,4	17,1	6,3a	7,8
		25	94,1	43,9	29,6	21,4	3,8	5,6
		50	93,8	53,8a	34,1	13,9a	0,0	2,4
	104	12,5	92,1	51,7	26,4	14,9a	8,8a	7,8
		25	93,9	52,6	25,6	17,6	3,2	5,7
		50	96,1	63,4	24,9	13,5a	0	2,7
	711	12,5	91,4	53,0	27,2	17,6	2,4	8,6
		25	94,1	52,6	25,7	18,4	3,0	5,7
		50	96,1	70,9	15,3	12,3	2,7	2,7
	1016	12,5	91,6	51,5	22,6a	17,1	9,8	8,3
		25	93,5	55,0a	26,5	14,8a	3,0	6,1
		50	96,2	53,6	25,7	15,9a	1,6	3,2
Água			90,04a	58,43a	20,88a	15,26a	7,39a	9,96a

Legenda: As médias seguidas pelas mesmas letras representam semelhança significativa, de acordo com o teste de Dunnett ($p > 0,05$). Em que: I% - porcentagem de interfases por total de células; P% - porcentagem de prófases, M% - porcentagem de metáfases, A% - porcentagem de anáfases e T% - porcentagem de telófases por total de células em divisão; IM% - índice mitótico.

Com relação às alterações totais do ciclo celular, observou-se que, com o aumento da concentração das infusões foliares, ocorreu um aumento no dano das células meristemáticas das raízes avaliadas (Tabela 3).

Em geral, para as diferentes infusões testadas, observou-se diferença significativa a partir da concentração de 25 g L⁻¹ (Tabela 3). As infusões apresentaram maiores porcentagens de alteração cromossômica na concentração de 50 g L⁻¹. As alterações cromossômicas mais frequentes foram observadas durante a metáfase, destacando-se a ocorrência de cromossomos aderentes (Figura 4A), C-metáfases (Figura 4D) e cromossomos perdidos; e durante a anáfase, destacando-se as pontes cromossômicas (Figura 4B) e cromossomos perdidos (Figura 4C) (Tabela 3).

A avaliação das alterações nucleares (núcleo condensado e micronúcleo) revelou uma diferença a partir da concentração de 25 g L⁻¹ para todos os tratamentos, à exceção da variedade SC cultivada a 104 m. A alteração nuclear mais evidente foi o núcleo condensado (Tabela 3).

Não foi possível realizar análises citogenéticas no tratamento de 100 g L⁻¹, pois as sementes tratadas com essa concentração de infusão foliar não apresentaram crescimento radicular após 48 h, não tendo dessa forma, desenvolvimento do meristema para o preparo das lâminas citogenéticas. Esse fato reforça o amplo efeito tóxico no crescimento radicular determinado pela exposição das raízes aos compostos presentes nas folhas dos híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*.

Os micronúcleos representam material genético que não foi incorporado ao núcleo principal no final da divisão celular, concordando com Campos et al. (2008). Eles foram formados tanto por fragmentos acêntricos, como por cromossomos perdidos, derivados da segregação desigual dos cromossomos durante a mitose, por problemas na ligação dos cromossomos ao fuso mitótico, conforme atestam Campos et al. (2008) e Leme e Marin-Morales (2009).

Em geral, as pontes cromossômicas e fragmentos indicam um mecanismo clastogênico de ação da substância testada, com alguma atividade relacionada com a genotoxicidade (ação sobre a estrutura de DNA) (ARAGÃO et al., 2017). Já os cromossomos perdidos e aderentes e C-metáfases estão relacionados com um mecanismo de ação aneugênica, resultante de um efeito citotóxico da

substância no fuso mitótico das células (LEME; MARIN-MORALES, 2009; ANDRADE-VIEIRA, 2012). Portanto, neste estudo as infusões foliares dos híbridos de *P. edulis* apresentaram modo misto de ação (aneugênica e clastogênica), uma vez que esses tipos de alterações foram observados em certa medida, após a exposição das células meristemáticas aos tratamentos.

Tabela 3 - Alterações cromossômicas (AC) e nucleares (NC e Micronúcleo) observadas nas análises citogenéticas realizadas nas células meristemáticas de *Lactuca sativa* L.

Altitude (m)	Híbrido	Concentração (g.L ⁻¹)	AC (%)	NC (%)	Micronúcleo (%)	Perdido (%)	Aderente (%)	C-Metáfase (%)	Ponte (%)
41	GA	12,5	8,88	0,00a	0,00a	0,00a	1,23a	5,91	2,21a
		25	17,70	0,20	0,00a	0,00a	2,29a	11,81	4,26
		50	37,12	0,62	0,18	0,00a	3,73	21,31	7,88
	RC	12,5	6,87	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	4,84	1,78a
		25	12,54	0,58	0,00a	1,61	1,88a	7,81	2,82
		50	20,51	1,56	0,20	0,00a	0,00a	12,40	3,84
	SC	12,5	13,96	0,00a	0,00a	2,46	2,50a	8,72	1,99a
		25	16,88	0,18	0,00a	1,44	2,10a	11,15	2,43
		50	19,77	0,90	0,24	3,33	0,00a	12,99	3,11
104	GA	12,5	9,51	0,00a	0,00a	0,71	0,71a	6,18	1,90a
		25	18,50	0,18	0,00a	1,02	1,71a	11,99	3,77
		50	30,65	0,56	0,14	1,02	7,61	11,06	5,99
	RC	12,5	9,88	0,00a	0,00a	0,00a	1,36a	5,74	3,00
		25	19,98	0,36	0,00a	2,63	3,83	10,23	5,38
		50	35,91	1,12	0,44	0,00a	5,26	11,45	0,00a
	SC	12,5	16,2	0,24	0,00a	1,51	3,04	9,33	4,21
		25	23,6	0,36	0,00a	2,08	3,65	15,10	3,29
		50	23,0	0,96	0,12	6,66	0,00a	15,78	3,26
711	GA	12,5	13,04	0,00a	0,00a	2,53	2,41a	8,20	2,16a
		25	30,12	0,14a	0,00a	0,00a	2,78	18,31	8,17
		50	42,89	0,68	0,20	0,00a	5,7	22,21	12,63
	RC	12,5	11,41	0,00a	0,00a	1,21	1,75a	6,93	2,97
		25	20,41	0,16	0,00a	0,00a	3,01	12,03	5,36
		50	25,22	1,11	0,16	0,00a	4,91	13,68	4,90

1016	SC	12,5	12,06	0,00a	0,00a	1,54	1,78a	7,19	2,04a
		25	29,08	0,24	0,00a	3,17	6,85	14,33	6,81
		50	51,52	3,70	0,18	4,54	11,20	22,43	8,47
	GA	12,5	12,18	0,00a	0,00a	0,00a	2,53a	6,80	2,02a
		25	21,20	0,36	0,00a	3,13	3,19	12,12	4,83
		50	39,15	1,16	0,24	3,57	3,66	18,96	3,51
	RC	12,5	9,06	0,00a	0,00a	2,29	1,62a	4,87	1,86a
		25	21,21	1,12	0,00a	0,00a	3,11	13,21	4,88
		50	27,54	0,16	0,26	6,89	0,00a	12,36	10,06
	SC	12,5	11,70	0,00a	0,00a	1,13	1,91a	7,64	1,44a
		25	16,18	0,26	0,00a	2,25	2,27a	9,38	3,23
		50	28,41	0,56	0,18	3,22	5,53	14,19	4,27
		Água	1,40a	0,00a	0,00a	0,00a	1,00a	1,00a	1,00a

Legenda: As médias seguidas pelas mesmas letras representam semelhança significativa, de acordo com o teste de Dunnett ($p>0,05$). Média das alterações visualizadas a cada 1.000 células contabilizadas. Em que: AC (%) porcentagem de alterações cromossômicas por divisão; NC (%) porcentagem de núcleos condensados por total de células; Micronúcleo (%) porcentagem de micronúcleos por total de células; Perdido (%) porcentagem de cromossomos perdidos por células em divisão; Aderente (%) porcentagem de cromossomos aderentes por células em divisão; C-Metáfase (%) porcentagem de c-metáfases por células em divisão; Ponte (%) porcentagem de pontes por células em divisão.

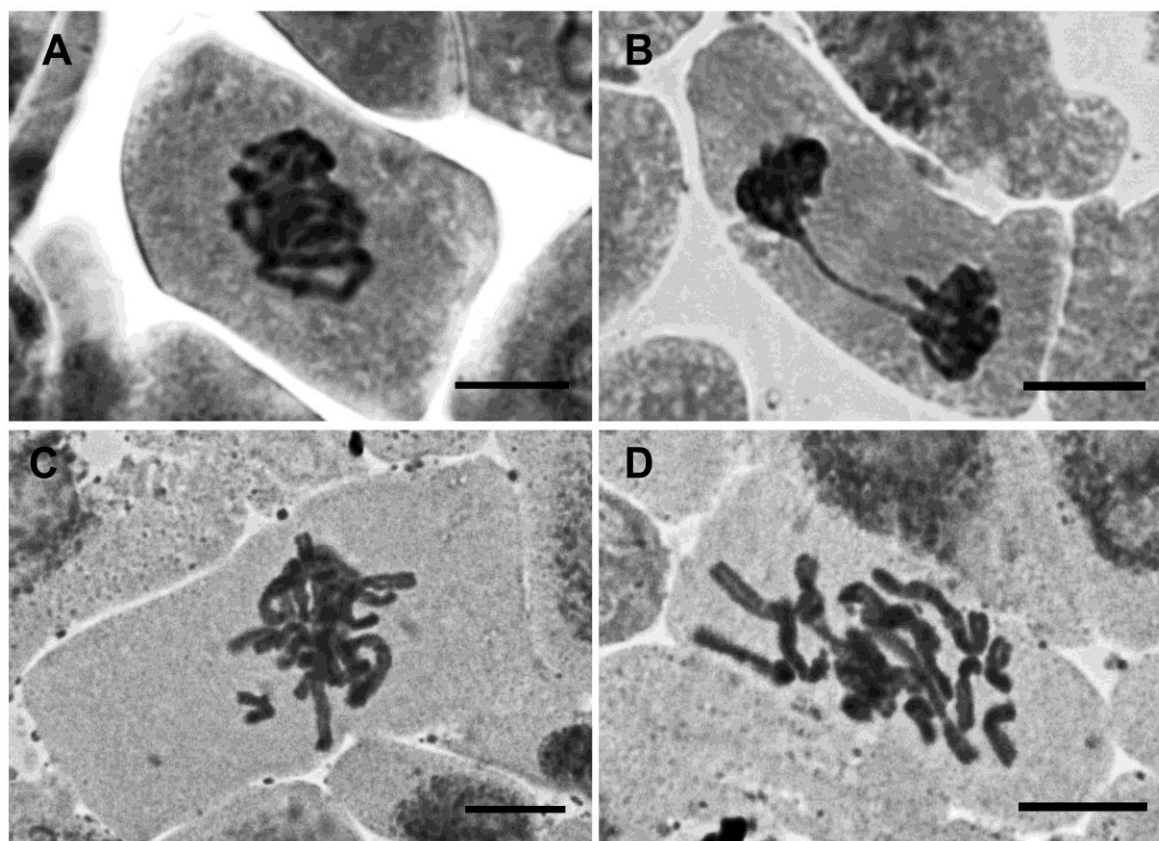


Figura 4 - Células meristemáticas representativas das raízes de *Lactuca sativa* L. tratadas com as infusões foliares de diferentes híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*. (A) cromossomo aderente, (B) ponte cromossômica, (C) cromossomo perdido, (D) C-metáfase. Barra = 10 μ m.

8.4 CONCLUSÕES

O aumento das concentrações das infusões foliares dos híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa*, cultivados em diferentes altitudes causou efeito alelopático e mutagênico em *L. sativa* L.

A utilização de híbridos de *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* como planta medicinal necessita de mais cautela, estudos de dosagens adequadas e cuidados com efeitos tóxicos.

8.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE-VIEIRA, L. F. Toxicity of landfills assessed by plant cytogenetic approaches. In: CABRAL, G. B. C.; BOTELHO, B. A. E. (Ed.). **Landfills: waste**

management, regional practices, and environmental impact. 1. ed. New York: Nova Science. v. 1, p. 319-330, 2012.

ANDRADE-VIEIRA, L. F.; BOTELHO, C. M.; LAVIOLA, B. G.; PALMIERI, M. J.; PRACA-FONTES, M. M. Effects of *Jatropha curcas* oil in *Lactuca sativa* root tip bioassays. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 373-382, 2014.

ARAGÃO, F. B.; QUEIROZ, V. T.; FERREIRA, A.; COSTA, A. V.; PINHEIRO, P. F.; CARRIJO, T. T.; ANDRADE-VIEIRA, L. F. Phytotoxicity and cytotoxicity of *Lepidaploa rufogrisea* (Asteraceae) extracts in the plant model *Lactuca sativa* (Asteraceae). **Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation**, v. 65, n. 2, p. 435-443, 2017.

BAGATINI, M.D.; SILVA, A. C. F.; TEDESCO, S. B. Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p.444-447, 2007.

BRAGA, A.; MEDEIROS, T. P. de; ARAÚJO, B. V. de. Investigação da atividade antihiperlipemiantes da farinha da casca de *Passiflora edulis* Sims, Passifloraceae, em ratos diabéticos induzidos por aloxano. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 20, p. 186-191, 2010.

CAMPOS, J. M. S. et al. Genetic toxicology and environmental mutagenesis in allelopathic interactions. In: **Plantbioassays**. Houston: Studium. p. 344, 2008.

COSTA. G. M.; GAZOLA, A. C.; ZUCOLOTTI, S. M.; CASTELLANOS, L.; RAMOS, F. A.; REGINATTO, F. H.; SCHENKEL, E. P. Chemical profiles of traditional preparations of four South American *Passiflora* species by chromatographic and capillary electrophoretic techniques. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 26, p. 451–458. 2016.

COSTALONGA, S. A.; BATITUCCI, M. do C. P. Evaluation of the mutagenic effects of *Passiflora edulis* Sims (maracujá) tincture on the *Allium cepa* test system. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 19, n. 4, p. 329-337, 2014.

DHAWAN, K.; DHAWAN, S.; SHARMA, A. Passiflora: a review update. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 94, p. 1-23, 2004.

- FALODUN, A. Herbal medicine in Africa-distribution, standardization and prospects. **Research Journal of Phytochemistry**, v. 4, n. 3, p. 154-161, 2010.
- FERNANDES, T. C. C.; MAZZEO, D. E. C.; MORALES, M. A. M. Mechanism of micronuclei formation in polyploidized cells of *Allium cepa* exposed to trifluralin herbicide. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 88, n. 3, p. 252–259, 2007.
- FU, W.; CHEN, J.; CAI, Y.; LEI, Y.; CHEN, L.; PEI, L.; ZHOU, D.; LIANG, X.; RUAN, J. Antioxidant, free radical scavenging anti-inflammatory and hepatoprotective potential of the extract from *Paratathelypteris nipponica* (Franch. et Sav.) Ching. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 130, p. 521-528, 2010.
- GILLES M.; ZHAO J.; AN M AND AGBOOLA S. Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian *Eucalyptus* species. **Food Chemistry**, v. 119, p. 731-737, 2010.
- GOMES, S. V. F.; PORTUGAL, L. A.; DOS ANJOS, J. P.; DE JESUS, O. N.; DE OLIVEIRA, E. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Accelerated solvent extraction of phenolic compounds exploiting a Box-Behnken design and quantification of five flavonoids by HPLC-DAD in *Passiflora* species. **Microchemical Journal**, v. 132, p. 28–35, 2017.
- LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71-81, 2009.
- LI, Z. H.; WANG, Q.; RUAN, X.; PAN, C. D.; JIANG, D. A. Phenolics and plant allelopathy. **Molecules**, v. 15, p. 8933-8952, 2010.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008.
- LUBER, J.; PALMIERI, M. J.; BOTELHO, C. M.; RINALDO, D.; ANDRADE-VIEIRA, L. F. Investigation on the effects of guava (*Psidium guajava* L.) infusions on germination, root tips and meristematic cells of *Latuca sativa*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 903-913, 2015.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 30 agosto de 2017.

RENISUS, 2016. Acesso em 19/05/2017 à: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/RENISUS.pdf>.

RIBEIRO, L. R.; SANTOS, M. F.; SILVA, Q. M.; PALMIERI, M. J.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; DAVIDE, L. C. Cytogenotoxic effects of ethanolic extracts of *Annona crassiflora* (Annonaceae). **Biologia**, v. 68, n. 3, p. 433-438, 2013.

SANTIAGO, J. A. ; CARDOSO, M. G. ; BATISTA, L. R. ; CASTRO, E. M. ; TEIXEIRA, M. L.; PIRES, M. F. Essential oil from *Chenopodium ambrosioides* L.: secretory structures, antibacterial and antioxidant activities. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** (Online), v. 38, p. 139-147, 2016.

SOUSA, S. M.; SILVA, P. S.; VICCINI, L. F. Cytogenotoxicity of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (lemon grass) aqueous extracts in vegetal test systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 2, p. 305-311, 2010.

VERDEGUER, M.; BLÁZQUEZ, M. A.; BOIRA, H. Phytotoxic effects of *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriosephalus africanus* essential oils in weeds of Mediterranean summer crops. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 37, n. 4, p. 362-369, 2009.

WINK, M. Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. **Medicines**, v. 2, n. 3, p. 251-286, 2015.