

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**PARAMETROS GENÉTICOS, CORRELAÇÃO FENOTÍPICA
E GENOTÍPICA E RESPOSTA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA
EM *Passiflora* spp.**

PIÁCIDO ULISSES SOUZA

**CRUZ DAS ALMAS / BAHIA
2016**

**PARÂMETROS GENÉTICOS, CORRELAÇÃO FENOTÍPICA
E GENOTÍPICA E RESPOSTA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA
EM *Passiflora* spp.**

Plácido Ulisses Souza

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2013

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Dr. Eduardo Augusto Girardi

Coorientador: Dr. Onildo Nunes de Jesus

FICHA CATALOGRÁFICA

S729p

Souza, Plácido Ulisses.

Parâmetros genéticos, correlação fenotípica e genotípica e resposta à deficiência hídrica em *Passiflora* spp / Plácido Ulisses Souza. Cruz das Almas, BA, 2016.
80f.; il.

Orientador: Eduardo Augusto Girardi.

Coorientador: Onildo Nunes de Jesus.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Maracujá – Cultivo. 2.Maracujá – Melhoramento genético. 3.Consumo hídrico – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**PARÂMETROS GENÉTICOS, CORRELAÇÃO FENOTÍPICA
E GENOTÍPICA E RESPOSTA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA
EM *Passiflora* spp.**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
Plácido Ulisses Souza**

Realizada em 1º de Julho de 2016

Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Examinador Interno (Orientador)

Profa. Dra. Edna Lobo Machado
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Examinador Interno

Prof. Dr. Maurício Antonio Coelho Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

A Deus, o meu porto seguro, pois sem ele nada seria possível;

Aos meus pais pelo amor, força, dedicação e confiança;

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, pela formação acadêmica

À CAPES, pela concessão da bolsa e auxílio financeiro durante o curso.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura pela infra-estrutura e apoio durante a realização desse trabalho;

Aos meus orientadores:

Dr. Eduardo Augusto Girardi, pela orientação e paciência. Muito obrigado pela troca de experiência e aprendizado, por estar sempre disponível, e acima de tudo por ser um exemplo de ser humano e de profissional.

Dr. Onildo Nunes de Jesus, sou grato pelo acolhimento, orientação e dedicação ao longo da jornada, obrigado por ter me servido sempre que precisei.

A Dra Taliane pelo apoio, contribuição e preocupação ao longo da caminhada.

Ao Doutorando Lucas Kennedy que esteve comigo desde o início,

Ao pesquisador Dr. Mauricio Coelho pela disponibilidade e contribuição.

A toda equipe que estiveram sempre presente nesta caminhada proporcionando muita força, união e descontração em especial Alírio Neto, João Lucas, Idália e Sidinara pela parceria durante a coleta de dados.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos que me apoiaram e torceram por mim e que porventura não foram citados, meus sinceros agradecimentos e que Deus abençoe a todos.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO | |
| ABSTRACT | |
| REFERENCIAL TEÓRICO | |
| ARTIGO 1 | |
| PARÂMETROS GENÉTICOS E CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS E GENOTÍPICAS EM TRÊS CICLOS DE PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS INTRAESPECÍFICOS DE MARACUJAZEIRO AZEDO | 25 |
| ARTIGO 2 | |
| RESPOSTAS BIOMÉTRICAS, FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS DE <i>Passiflora</i> spp. à DEFICIÊNCIA HÍDRICA CONTROLADA | 45 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 73 |

PARÂMETROS GENÉTICOS, CORRELAÇÃO FENOTÍPICA E GENOTÍPICA E RESPOSTA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM *PASSIFLORA* spp.

Autor: Plácido Ulisses Souza

Orientador: Prof. Eduardo Augusto Girardi

Co-orientador: Onildo Nunes de Jesus

RESUMO: Considerando que o maracujazeiro é uma cultura que ainda se encontra em expansão, pesquisas de melhoramento genético são bastante necessárias. Este trabalho teve como objetivo determinar o ciclo ideal de seleção de 14 híbridos de maracujazeiro azedo e avaliar a resposta de cinco espécies de *Passiflora* à deficiência hídrica controlada, em dois experimentos distintos. O experimento 1 determinou-se o ciclo ideal de seleção mediante a utilização de parâmetros genéticos e por meio da análise de correlação fenotípica e genotípica entre nove caracteres agronômicos de 14 híbridos de maracujazeiro azedo avaliados em três ciclos de produção. Os parâmetros genéticos estudados foram: coeficiente de variação genético; razão entre o coeficiente de variação genético e experimental; variância fenotípica; variância genética; variância ambiental; herdabilidade e correlação entre nove caracteres de fruto. Constatou-se que o primeiro ciclo de produção poderá ser utilizado na seleção de indivíduos superiores pelo melhorista, por apresentar variação genética e herdabilidade superiores para a maioria das características em relação aos dois ciclos seguintes e que as correlações entre os caracteres alteraram em função do ciclo de avaliação. No experimento 2, avaliaram-se respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas de cinco espécies de maracujazeiro à deficiência hídrica controlada, buscando identificar e elucidar alguns mecanismos de tolerância à seca. *P. alata* (BGP 393), *P. edulis* (BGP 330), *P. gibertii* (BGP 008), *P. setacea* (BGP 238) e *P. cincinnata* (BGP 077) foram estudadas e corresponderam aos materiais do Banco Ativo de Germoplasma de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura na mesma localidade. Plantas de pé franco com cinco meses de idade foram submetidas à suspensão da irrigação em recipientes até o completo fechamento estomático. Todas as espécies avaliadas foram sensíveis à deficiência hídrica, com redução de 50 a 75% no crescimento vegetativo, contudo diferentes mecanismos de tolerância à seca foram apresentados.

Palavras-chave: *Passiflora* spp., híbridos, seleção, fisiologia do estresse

GENETIC PARAMETERS, PHENOTYPIC AND GENOTYPIC CORRELATION, AND RESPONSES TO WATER DEFICIENCY IN *PASSIFLORA* spp.

Author: Plácido Ulisses Souza
Adviser: Prof. Eduardo Augusto Girardi
Co-adviser: Onildo Nunes de Jesus

ABSTRACT: Considering that the passion fruit is an expanding crop, research on breeding is necessary to solve limitations associated to low yields, lack of adaptation to certain environments and demands of the fresh fruit and processing markets. This work evaluated the ideal cycle of breeding selection of 14 intraspecific yellow passion fruit hybrids and biological responses of five species of *Passiflora* to regulated water deficiency, in two distinct experiments. In the first one, the ideal selection cycle was determined by the evaluation of phenotypic and genotypic correlation among nine agronomical parameters of 14 intraspecific hybrids of yellow passion fruit in three successive production cycles. Genetic parameters comprised genetic coefficient of variation, relation between genetic variation and experimental coefficients, phenotypic variance, genetic variance, environmental variance, heritability and correlation among nine fruit traits. The breeder can use the first production cycle for the selection of superior individuals, because it presents higher genetic variance and heritability for the majority of the fruit traits in relation to the second and the third production cycles. In the second experiment, biometric, physiological and anatomical responses were evaluated on five passion fruit species submitted to drought stress. *Passiflora alata* (BGP 393), *P. edulis* (BGP 330), *P. gibertii* (BGP 008), *P. setacea* (BGP 238) and *P. cincinnata* (BGP 077) were studied and corresponded to accesses of the Passiflora Germplasm Bank of Embrapa Cassava &Fruits in Cruz das Almas, Brazil. Five month-old seedlings were submitted to regulated water suspension in pots up to the stomatal closure. All evaluated species were sensitive to water deficiency, with plant growth reduction from 50 to 75%, although different drought tolerance mechanisms were demonstrated.

Keywords: *Passiflora* spp., hybrids, breeding, water stress physiology.

REFERENCIAL TEÓRICO

A palavra maracujazeiro tem origem do Tupi *marakuya*, “fruto que se serve” ou “alimento na cuia”. Sendo originário da América Tropical, é um fruto produzido pelas plantas do gênero *Passiflora*, da família Passifloraceae. No Brasil, existem diversas espécies que integram essa família. Contudo, apesar da grande variabilidade, somente duas espécies são cultivadas em escala comercial para a produção de frutos: *Passiflora alata* (maracujazeiro doce) e *Passiflora edulis* (maracujazeiro azedo). Enquanto o maracujazeiro doce é destinado em sua totalidade ao mercado para o consumo *in natura*, o maracujazeiro azedo destina-se ao consumo de mesa e ao suprimento da demanda industrial (Leão, 2011).

De acordo com Vasconcellos et al. (2005), os maracujazeiros são encontrados em diversas partes do mundo. O Brasil é um dos mais importantes centros de diversidade genética da família *Passifloraceae*, contendo em torno de 150 espécies nativas. Essa variabilidade genética é um atributo de fundamental importância para o início do melhoramento genético, onde a caracterização e avaliação são etapas imprescindíveis às pesquisas de melhoramento de plantas (Ganga, 2004).

Considerando que o maracujazeiro azedo é uma cultura que ainda se encontra em expansão, pesquisas de melhoramento genético são bastante necessárias, com o intuito de solucionar problemas como baixa produtividade, falta de adaptação a determinados ambientes e não atendimento aos anseios do consumidor e da indústria (Faleiro et al., 2005).

O maracujazeiro azedo tornou-se uma espécie de grande importância na comercialização de frutas tropicais, por causa do alto valor do suco no comércio internacional. Como reflexo, nota-se o empenho dos produtores na ampliação dos pomares, o que tem motivado uma grande demanda por conhecimentos técnicos aplicados à cultura do maracujá (Meletti, 2002).

Existe uma procura progressiva pelo maracujazeiro azedo, não apenas para o comércio de suco, mas também para o consumo da fruta de forma *in natura*. Contudo, essa cultura é limitada por fatores restritivos como a pequena produtividade, em média inferior a 15 t/ha, ocasionada principalmente pela

carência de genótipos de grande produtividade e pela existência de ampla diversidade nos pomares, o que revela a imprescindibilidade de ser feito o melhoramento genético (Gonçalves et al., 2007).

Importância social e econômica do maracujazeiro azedo

A produção brasileira foi de 823.284 toneladas, em uma área de 56.825 hectares, sendo que a região Nordeste é responsável por 70,9% dessa produção, seguido das regiões Sudeste (16,3%), Norte (6,2%), Sul (4,7%) e Centro-Oeste (2,0%) (IBGE, 2015). O estado da Bahia contribuiu com 46,30% da produção nacional e com 65,31% da produção do Nordeste. Os maiores produtores baiano, foram os municípios de Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, Rio Real, Jandaíra, Rio de Contas, Jaguaquara (IBGE, 2015).

O maracujazeiro azedo ou amarelo é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros, gerando economia e renda em diversos municípios, em que se destaca como uma cultura com uso intensivo de mão-de-obra (Ferreira, 2005). Sendo uma das principais espécies frutíferas cultivadas no país, como a principal demanda deste fruto é para o mercado interno, que consome grande parte da produção, caracterizado por ser cultivado em pequenas propriedades por agricultores familiares, representando uma opção de renda para os mesmos (Júnior, 2008).

Cada hectare da cultura gera até quatro empregos diretos, além de atuar na fixação da mão de obra rural, conferindo alto caráter social à cultura. Apesar de ser uma cultura com alta suscetibilidade à doenças, é considerada uma atividade de grande interesse, devido ao alto valor agregado da produção (Meletti, 2011).

A cultura do maracujazeiro azedo tem grande relevância social, pois é cultivada predominantemente em pomares de 1 a 4 ha, permitindo fluxo de renda mensal e longo período de safra, gerando empregos com a absorção e fixação de mão-de-obra (Souza et al., 2002). Além do uso do maracujá na alimentação é também utilizado na medicina como fitoterápico, sendo outra forma rentável da utilização das passifloras e que vêm ganhando uma notoriedade no ramo medicinal. Também é comum a destinação dessas

espécies para fins ornamentais, devido a beleza de suas flores e pela variedade de cores e tipos de desenhos, além do seu perfume fortemente agradável (Braga et al., 2006).

A cadeia produtiva do maracujazeiro azedo tem evidenciado uma importância progressiva na economia brasileira, gerando ganhos financeiros no meio rural e urbano através da exportação de sucos. O comércio de suco e de fruta *in natura* tem avançado significativamente, apresentando um aumento da área cultivada com elevação da produção, quando comparada com tempos anteriores. As expectativas de médio e longo prazo para os produtores de maracujazeiro para fins agroindustriais também são muito positivas, devido a tendência de crescimento do mercado mundial da polpa e do suco (Costa et al., 2008).

Aspectos morfológicos e classificação botânica do gênero *Passiflora*

O maracujazeiro é pertencente à família Passifloraceae, da tribo Passiflorae e classificado na ordem Passiflorales, (Cunha et al., 2004). De acordo com Vanderplank (2000) possui 18 gêneros e 630 espécies, sendo o gênero *Passiflora* reconhecido como o de maior importância comercial. No estado da Bahia o gênero possui aproximadamente 30 espécies (Neto, 2008). Dentre estas, *P. edulis Sims f. flavicarpa* Deg é a mais importante em virtude da sua aceitação comercial (Lima et al., 2004).

As características mais marcantes desse gênero consistem na presença de nectários, folhas alternas, gavinhas, gineceu e androceu com base comum. Possui flores auto incompatíveis, em que o pólen produzido em determinada flor não pode fecundá-la, como também não fecunda as demais flores geradas na mesma planta. A polinização geralmente é feita pelas abelhas mamangavas (*Xilocopa* spp.), sendo as mais eficientes. O sistema radicular é do tipo axial ou pivotante, mas, quando propagadas por estacas, podem originar raízes adventícias (Melletti, 2003, Feuillet, 2004), com raízes concentradas variando de 70 a 90% na profundidade de 15 a 45 cm (Manica, 1981).

O maracujazeiro azedo é uma planta trepadeira, semi-lenhosa, apresenta caule cilíndrico ou anguloso em plantas jovens, de crescimento e

frutificação precoce, seus ramos podem atingir uma distância de 10 a 20 m do tronco, os ramos são semi-flexíveis, apresentam brotações com coloração vermelha púrpura ou roxa, servindo de suporte para as folhas, gavinhas, flores e frutos. As folhas são subcoriáceas, lustrosas na face superior de coloração verde escuro; na axila de cada folha existe uma gavinha, uma gema vegetativa que origina um novo ramo e uma gema florífera. As flores são hermafroditas, contendo sépalas e pétalas amareladas, a flor é diclamídea com cálice contendo cinco sépalas e a corola composta de cinco pétalas. O fruto é uma baga de forma globosa, carnosa, com a casca de cor esverdeada quando verde e de coloração amarela-áurea ou amarelo-canário quando maduro, com epicarpo ocasionalmente lignificado e mesocarpo com espessura variando de 0,5 a 4,0 cm, com sementes de cor pardo-escuras (Durigan, 2004; Manica, 1997).

Possui estípulas de forma muito variáveis, desde setáceas ou lineares, até amplamente ovadas. Quanto ao bordo, são denteadas, serreadas ou laciniadas; em algumas espécies encontram-se glândulas ocelares na face abaxial da folha. O pedúnculo na maioria das espécies é único, ou se apresentam aos pares, na maioria das vezes, estão acompanhados de estípulas, terminando com uma gema vegetativa. A corona de filamentos consta de vários processos filiformes dispostos em uma ou em várias séries. Quanto à forma, podem ser filiformes, espatulados, tuberculados, entre outras, com presença de opérculo situado no interior do tubo do cálice, sendo este uma pequena membrana circular, às vezes carnosa ou membranácea, lisa ou plicada verticalmente e com margem inteira ou dividida (denticulado ou serrulado); poucas vezes está constituído por um verticilo de filamentos muito curtos e comprimidos, podendo faltar em algumas espécies. (Cervi,1997).

Recursos genéticos e melhoramento genético de maracujazeiro azedo.

O maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) produz um fruto grande importância econômica, mas com poucos estudos na área de melhoramento genético (Viana et al., 2006). Na década de 1990, observou-se a consolidação de equipes de pesquisa, em vários centros nacionais, que resultaram no

lançamento das primeiras cultivares, a princípio voltadas apenas para o aumento da produtividade. Até os anos 2000, a maior parte dos novos pomares era estabelecida por meio de sementes de frutos selecionados pelos produtores, adquiridas de plantios anteriores. Isso acontecia por falta de alternativa, pois o mercado de sementes de qualidade não estava estabelecido (Meletti, 2011).

Existem vários métodos de melhoramento genético apropriado ao maracujazeiro. Sendo uma planta alógama, o melhoramento ocorre principalmente pelo aumento da frequência dos genes favoráveis. A frequência de genes desejáveis pode ser acrescida pela seleção em massa, como também pela seleção com teste de progênes. De modo que a seleção massal é eficaz para caracteres de fácil mensuração, enquanto a seleção com teste de progênie baseia-se na maioria das vezes na capacidade da planta em originar bons descendentes (Bruckner, 1997).

No ano de 2007, iniciou-se a caracterização dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Maracujazeiro (BAG-Maracujazeiro) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, onde 54 acessos de *P. edulis* foram caracterizados morfo agronomicamente. Desses, 18 acessos com maior produtividade, massa do fruto e resistência a doenças foram cruzados, resultando em 44 híbridos avaliados em três pólos de produção da Bahia (Presidente Tancredo Neves, Cruz das Almas e Ibicoara). Dessas avaliações, foram identificados nove híbridos com características agrônômicas desejáveis como alta produtividade, uniformidade na produção, alto rendimento de polpa com acidez e doçura adequadas para consumo, passíveis de serem lançados após a validação em maior escala (Neves et al., 2013).

De acordo com Braga et al. (2005), as características físico-químicas do maracujazeiro azedo são de fundamental importância para o melhoramento genético do mesmo, uma vez que, se relacionam às propriedades organolépticas e de sabor dos frutos, assegurando sua qualidade para o consumo *in natura* ou indústria. Atualmente, tem-se buscado por meio de estudos selecionar genótipos de maracujazeiro azedo e maracujazeiro-doce mais produtivos e que sejam também mais tolerantes a doenças, e uma das

possibilidades é a hibridação interespecífica, ou seja, cruzamentos convencionais de seleções ou cultivares comerciais com as espécies silvestres.

O tamanho e produtividade dos frutos são essenciais para a qualidade física dos frutos destinados a mercados e indústrias (Freire et al., 2014). O melhoramento genético do maracujazeiro está essencialmente associado ao fruto, tanto no aspecto produtividade quanto de qualidade. Em termos de qualidade, considera-se que uma variedade destinada ao mercado *in natura* deve oferecer frutos grandes e ovais, com o propósito de obter boa aprovação comercial. Possuir boa aparência, resistir ao transporte, a comercialização e ao armazenamento. Se desenvolvido para a indústria, necessita ter casca fina e cavidade interna totalmente preenchida, para promover maior rendimento em suco (Meletti et al., 2005).

A posição privilegiada do Brasil em relação à produção do maracujazeiro azedo pode ser justificada, entre outros fatores, devido à maior coleção de germoplasma de *Passiflora* do planeta. Apesar do crescimento da área plantada, praticamente em todos estados brasileiros, apenas nos últimos anos têm sido lançados alguns materiais melhorados; em consequência disso, muitas espécies ainda são negligenciadas (Ferreira, 2005).

No Brasil, pragas e doenças são os principais fatores que inibem a expansão e a produtividade do maracujazeiro, impulsionando os produtores a fazerem uso de agrotóxicos de forma muitas vezes indiscriminada, sendo que o uso de cultivares resistentes, unidas a boas técnicas de manejo, consiste na melhor forma de controle. Segundo Novaes et al. (2005), o controle de doenças na cultura do maracujazeiro tem sido bastante difícil, pois o plantio na maioria das vezes ocorre perto de pomares velhos e infectados que atuam como fonte de inóculo. Porém, sabe-se que a base genética para resistência a doenças do maracujazeiro azedo é bastante reduzida. Assim, as espécies nativas podem contribuir, aumentando o grau de resistência através de métodos de hibridações (Junqueira et al., 2005).

Um aspecto frequentemente abordado é a aquisição de mudas de boa qualidade e com procedência genética e fitossanitária (Meletti, 2002). A cultura do maracujazeiro azedo vem sendo ameaçada, por problemas fitopatológicos. As doenças que mais comprometem são as de origem virótica, a exemplo do

vírus de endurecimento dos frutos (*Passion fruit woodiness virus*), e fúngicas como a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) e verrugose (*Cladosporium herbarum*) reduzindo a produtividade e longevidade da cultura, além de depreciarem a qualidade do fruto (Junqueira et al.,2003).

Em maracujazeiro azedo, as hibridações ainda podem ser empregadas para aprimorar características físicas, químicas ou sensoriais de alguma espécie de interesse para serem lançadas no mercado consumidor, seja em razão de sua potencialidade como fruta exótica, como também, devido as suas propriedades medicinais (Junqueira et al., 2008).

Algumas espécies de *Passiflora* têm fornecido contribuições fundamentais aos estudos do melhoramento genético por possuírem longevidade, adaptação a condições climáticas adversas, maior tempo de florescimento, maior quantidade de substâncias químicas de interesse para a indústria farmacêutica, resistência a pragas, e outros atributos, a exemplo de *P. setacea* e *P. cincinnata* (Meletti et al., 2005).

A estimação de parâmetros genéticos, como correlações entre as características, tem grande importância nos programas de melhoramento genético, pois, quando levadas em consideração na definição dos melhores métodos de melhoramento e na elaboração de estratégias para seleção simultânea de múltiplas características avaliadas, podem ocasionar maior eficácia na seleção, além de redução de tempo e trabalho nesse processo (Gonçalves et al.,2005).

De acordo com Santos et al. (2005), a correlação é um parâmetro estatístico que avalia o grau de associação em meio a duas variáveis. Considera-se que duas variáveis estão correlacionadas quando a mudança em uma delas é acompanhada por mudança simultânea na outra. A correlação genética busca esclarecer, por intermédio de mecanismos genéticos, a variação conjunta de duas variáveis. A correlação entre dois caracteres pode ser de natureza fenotípica, genotípica ou ambiental, onde apenas as correlações genotípicas que abrangem uma associação de natureza herdável são de maiores relevância para o melhoramento genético (Nogueira et al., 2012).

O estudo da correlação mostra o grau de associação entre dois ou mais caracteres. No melhoramento genético seu conhecimento é fundamental visto que reflete como a seleção para uma característica influencia a expressão de outros caracteres. Nos programas de melhoramento, comumente, além de se pretender o aperfeiçoamento de um caráter principal, procura-se também preservar ou melhorar a expressão de outros caracteres conjuntamente (Lopes et al., 2002).

Além do incremento agrônômico a Embrapa vem realizando pesquisas objetivando obter plantas frutíferas adaptadas as condições ambientais adversas, mais especificamente voltadas as regiões de semiárido (Araújo et al., 2004).

Ecofisiologia do maracujazeiro azedo

O maracujazeiro azedo no Brasil é cultivado em regiões com uma ampla variação de temperatura, com topografias e climas bem diferenciados, a exemplos de climas semiárido, úmido e temperado, com altitudes que vão de menos de 100 m até acima de 1000 m. Nas regiões onde a estação de inverno é bem definida, as temperaturas baixas causam o abortamento das flores e limitam o metabolismo das plantas, reduzindo a taxa de crescimento e comprometendo o potencial produtivo da cultura (Silva, 2002).

O maracujazeiro azedo é uma planta que exige altas temperaturas e uma disponibilidade de água regular. Sendo que as temperaturas devem estar acima de 15 °C, com a faixa térmica ideal variando entre 23 °C e 25 °C. Para o seu cultivo, recomendam-se os solos com boa profundidade, bem drenados e que não disponha de impedimento físico em seus primeiros centímetros de profundidade (Guimarães et al., 2013). Para o florescimento e frutificação é imprescindível dias longos com um mínimo de 11 horas de luz (Sousa e Meletti, 1997) e precipitação pluviométrica de 400 a 1000 mm (Cunha et al., 2004).

De acordo com Ferreira (2002), ventos frios interferem na floração e compromete o vingamento do maracujazeiro, como também os ventos quentes ocasionam murchamento e reduzem a quantidade e qualidade, gerando perdas

na produção. De fato, elevadas temperaturas e deficiência hídrica estão associados a baixa fixação de flores e frutos na cultura.

Nas regiões onde a precipitação e o suprimento de água são reduzidos, nos períodos críticos ocorre queda de folhas e de frutos. Porém, no período de estiagem e sem irrigação, a planta sobrevive, mas não cresce e nem produz. Sendo assim, o cultivo do maracujazeiro está restrito a certas épocas do ano, quando não irrigado, com a frutificação comprometida por variações na temperatura, fotoperíodo, radiação solar e precipitação (Ferreira, 2002).

Cavichioliet al.(2006) afirmam que o fotoperíodo, a temperatura do ar e a umidade do solo são componentes imprescindíveis para uma boa produção do maracujazeiro e que a sua pequena produção nos meses que vão de agosto a novembro nas regiões Sudeste e Sul é resultante do baixo florescimento e frutificação em decorrência das condições climáticas.

A interferência do comprimento do dia sobre o florescimento do maracujazeiro é bem significativo, notando-se respostas diferentes entre as espécies. Filho et al. (2000), observaram exigências distintas de fotoperíodo do maracujazeiro doce e do maracujazeiro azedo. Esses autores observaram que plantas de maracujazeiro doce mesmo na estação de inverno apresentaram um número maior de flores quando comparadas às do maracujazeiro azedo.

Respostas morfofisiológicas das plantas ao estresse hídrico

O desenvolvimento das plantas é influenciado por diversos fatores como nutrientes, luminosidade, temperatura e água em quantidades adequadas. Esses fatores, aliados ao potencial genético da planta, irão definir a produtividade de uma cultura, podendo colaborar para o seu declínio ou aumento (Alvarenga, 2010).

Entre todos os recursos que os vegetais precisam para seu crescimento, a água pode ser o mais limitante para o seu cultivo. As plantas absorvem e perdem água sucessivamente, onde a maior parte da água perdida pela planta é ocasionada pela transpiração, por sua vez uma maneira eficiente de dissipar o calor, à medida que o gás carbônico necessário à fotossíntese é incorporado pelas folhas (Taiz & Zeiger, 2004).

Todo vegetal necessita da água em todas as suas fases do desenvolvimento, com sua importância indo desde a etapa inicial de crescimento até a fabricação dos produtos da fotossíntese, e sua falta pode ocasionar alterações em seu metabolismo. Sendo assim, a deficiência hídrica, que consiste na diminuição da disponibilidade hídrica para o vegetal, tem grande importância nas pesquisas de espécies de interesse econômico (Martins, 2008).

A ocorrência de déficit hídrico em plantas compromete o metabolismo das culturas em todo local. Desde a Antiguidade, o homem tem buscado uma alternativa mais eficaz do aproveitamento da água para minimizar os danos do déficit hídrico nas culturas. A escassez hídrica provoca alterações no desempenho vegetal cuja irreversibilidade vai depender da genética, do grau de severidade e da idade da planta. À proporção em que o solo seca, fica mais difícil a absorção de água pelas raízes das plantas, visto que eleva a força de retenção (reduz o potencial hídrico do solo) e diminui a disponibilidade hídrica no solo (santos et al., 1998).

Nas plantas, a taxa fotossintética decai sob condições de deficiência hídrica. Em caso de deficiência hídrica rigorosa, esta pode ser totalmente prejudicada. De maneira geral, em condições de estresse hídrico, a redução na produtividade das plantas C3 é maior quando comparada com as plantas C4, pela razão das C4 serem mais eficientes no uso da água (Vieira et al., 2010).

Os mecanismos de tolerância à deficiência hídrica são divididos em escape, retardo e tolerância. Sendo que, no primeiro, as plantas aderem um método de “fuga”, onde apresentam imediato desenvolvimento fenológico e elevado grau de plasticidade, sendo possível concluir seu ciclo de vida antes que a escassez hídrica ocasione danos fisiológicos. O retardo da desidratação refere-se à preservação do turgor e volume celular, tanto pela absorção de água por um sistema radicular amplo quanto pela restrição da perda por transpiração por intervenção do fechamento estomático. A tolerância à seca é um artifício que viabiliza à planta continuar o metabolismo, mesmo com a diminuição do potencial hídrico dos tecidos, devido na maioria das vezes ao acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos, proteínas osmoprotetoras e à capacidade antioxidante (Taiz & Zeiger, 2004).

Segundo Vieira et al. (2010), a umidade do solo é um dos elementos que mais compromete o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos. Quando a taxa de transpiração supera a de absorção de água pelas raízes, ocasiona um estado de deficiência hídrica que frequentemente leva ao fechamento estomático. O efeito é direto, uma vez que afeta o estado de turgescência das células-guardas. Ainda de acordo com os autores, os estômatos são estruturas muito importantes para a fisiologia das plantas, estando fortemente relacionados ao controle e regulação do processo fotossintético e transpiratório. O movimento de abertura e de fechamento estomático depende das características fisiológicas das células-guardas e das condições ambientais, sendo que esse controle serve para aumentar a fotossíntese enquanto reduz a transpiração.

Taiz & Zeiger (2004) relatam que o ajuste osmótico é um processo pelo qual o potencial hídrico pode ser reduzido sem que haja diminuição no turgor ou volume celular, este consiste em um acréscimo no conteúdo de soluto por célula e independe das alterações de volume derivados da perda de água. O ajuste osmótico aumenta paulatinamente em resposta à desidratação dos tecidos, porém, as folhas que são aptas a realizar este ajuste podem aparentemente manter a turgescência sobre potencial hídrico reduzido em comparação às folhas sem tal capacidade. A manutenção do turgor assegura a continuação do alongamento celular e permite a condutâncias estomáticas mais elevadas sob potenciais hídricos mais baixos, indicando que o ajuste osmótico é uma aclimatação que intensifica a tolerância à desidratação, sendo que este também acontece em raízes, porém não tem sido estudado tão frequentemente quanto nas folhas.

Em lugares com escassez hídrica, nota-se uma diminuição na dimensão dos estômatos, para que ocorra uma menor perda de água da planta para a atmosfera pela transpiração, ocorrendo o simultâneo aumento de sua densidade, favorecendo o balanceamento das trocas gasosas (Batista et al., 2010).

Deficiência hídrica em maracujazeiro azedo

No Brasil, existem poucos estudos sobre deficiência hídrica em maracujazeiro. Roger (2011), avaliando o comportamento fisiológico e morfológico de maracujazeiro azedo em casa de vegetação, sob três regimes hídricos (irrigação constante, suspensão hídrica intermitente durante 30 dias e reidratação das plantas sob suspensão hídrica), observou que plantas expostas ao estresse hídrico apresentaram menores valores de altura, área foliar, taxa de crescimento e massa seca total, em relação ao controle. Após a retomada da irrigação, estas voltaram a crescer, ao ponto de superar as plantas controle. Segundo o autor, a suspensão hídrica ocasionou danos fisiológicos e morfológicos, comprometendo o crescimento das plantas enquanto mantidas sob deficiência hídrica.

Cavalcante et al. (2001), trabalhando com mudas de maracujazeiro azedo em telado inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a dois tratamentos hídricos (com e sem estresse), iniciado 40 dias após a inoculação, constataram que a suspensão da irrigação por sete dias provocou modificações significantes na transpiração e na temperatura foliar, acarretando em diminuição do crescimento com a aplicação do estresse, e este comprometeu a expansão e produção das folhas.

Gomes (2011), em seu estudo com maracujazeiro azedo avaliou em regime de casa de vegetação o desempenho fisiológico de duas cultivares comerciais de *P. edulis*, (FB300 e FB200), expostas a escassez hídrica e posterior reidratação. Segundo o autor, a restrição no conteúdo de água dos tecidos foliares refletiu em modificações significativas na quantidade de clorofila, ocorrendo aumento da mesma, nas duas cultivares estudadas.

Outras espécies frutíferas foram estudadas quanto ao efeito da deficiência hídrica sobre seu metabolismo e servem de referência para novos estudos em *Passiflora* spp. Amorim et al. (2011), compararam respostas fisiológicas e bioquímicas (teores de solutos orgânicos e inorgânicos e trocas gasosas), em plantas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) em resposta a duas condições hídrica (sequeiro e irrigado), observaram que as variáveis associadas a trocas gasosas não diferiram estatisticamente entre as

condições de irrigação estudadas; porém, quando foram levadas em consideração as épocas das avaliações, verificou-se que, as taxas de condutância estomática e transpiração foram diferentes estatisticamente.

Silva et al (2012), analisaram o efeito do estresse hídrico em folhas e raízes de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação e constataram que o déficit hídrico aos 20 dias proporcionou redução na quantidade relativa de água nas folhas e acréscimo nas concentrações de sacarose, carboidratos solúveis totais, prolina e glicina-betaína nas raízes e nas folhas.

Mar et al. (2013), avaliando a produção de massa seca e a área foliar em plantas jovens de açaizeiro (*Euterpe oleracea*), submetidos a ciclos de déficits hídricos de diferentes intensidades, constataram que, em condições de deficiência hídrica, as produções das massas secas de raízes, folhas, folíolos, pecíolo e bainha foram afetadas negativamente, ocorrendo uma redução na área foliar dessas plantas.

Peixoto et al. (2006), avaliaram seis genótipos de citros quanto à tolerância à seca, limoeiros Cravo (*C. limonia* Osbeck) (LCR) e Volkameriano (*C. volkameriana* V. Ten. & Pasq.) (LVK), laranja azeda *C. aurantium* L) (LAZ) e os híbridos trifoliados HTR - 051, TSK ã CTTR - 002 e TSK ã CTTR - 017, em resposta a diferentes regimes hídricos, com irrigação (0 e 4 dias) e sem irrigação, levando em conta diversos períodos de exposição ao estresse (4; 8 e 12 dias. Verificou-se que a produção de massa seca dos genótipos avaliados mostrou-se sensível à aplicação dos tratamentos hídricos, onde o limoeiro Volkameriano no oitavo dia de escassez hídrica já apresentava uma diminuição de 10% em sua matéria seca e, aos 12 dias, de 14%, diferindo significativamente do período em que foi irrigado e que todos os genótipos reduziram o crescimento no período sob escassez hídrica.

Santanna (2009) ao avaliar as consequências do déficit hídrico nas variedades cítricas: laranja 'Azeda Jacarandá' (*C. aurantium* L.), limoeiros 'Cravo Santa Cruz' e 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Ten. & Pasq.), e tangerineiras 'Cleópatra' (*Citrus reshni* Hortex Tanaka), 'Sunki da Flórida' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] e 'Sunki Tropical', observaram que todas as variedades apresentaram o conteúdo relativo de água (CRA) e trocas gasosas

influenciados pela deficiência hídrica com uma lenta recuperação após a reidratação.

Santos (2011), ao estudar a interferência da deficiência hídrica em cinco variedades de mangueira (*Mangifera indica* L), que consistiu no corte do suprimento de água às plantas no início do ensaio experimental, observou que a diminuição de água no solo afetou as trocas gasosas de plantas jovens de mangueira, com limitação da condutância estomática e redução da taxa fotossintética independente da variedade avaliada.

Souza et al. (2001), trabalhando com mudas de videira (*Vitis vinifera* L) enxertadas e submetidas à escassez hídrica, sob condições de casa de vegetação, utilizaram como copa a Niágara Rosada (*Vitis labrusca*), e como porta-enxertos, o 101-14 (*V. riparia*) e o 1103 Paulsen (*V. rupestris* x *V. berlandieri*), e verificaram que, com o aumento da deficiência hídrica, ocorreu uma redução nas trocas gasosas da cultivar Niágara Rosada. Os autores afirmam que o decréscimo na taxa fotossintética, nestas plantas, está relacionado essencialmente ao fechamento dos estômatos.

A redução no potencial hídrico foliar compromete significativamente a fotossíntese. A diminuição da transpiração se dá em consequência do fechamento dos estômatos que é uma das primeiras reações do vegetal à redução da disponibilidade hídrica (Mariano et al., 2009). As reduções da condutância estomática em plantas submetidas a períodos de escassez hídrica estão associadas à elevação da temperatura foliar e à diminuição da transpiração foliar (Rocha et al., 2013).

Assim, estudos da fisiologia de plantas de maracujazeiro azedo, submetidas à deficiência hídrica sob condições controladas, de forma análoga à metodologia empregada em outras fruteiras, podem colaborar para o incremento de técnicas de irrigação das culturas, onde o manejo mais apropriado e racional da irrigação pode gerar uniformidade dos cultivos, tanto na floração como na maturação dos frutos, reduzindo o custo de produção e elevando a qualidade do fruto. A redução da umidade no solo e na sub copa pode também desfavorecer a incidência e severidade das principais doenças do maracujazeiro azedo (Roger, 2011).

Uma avaliação que estude o nível de tolerância de espécies de maracujazeiro azedo, como também os seus mecanismos fisiológicos que contribuem na tolerância ao estresse hídrico, auxiliaria na seleção de materiais genéticos que, provavelmente, proporcionariam maior êxito de cultivo em locais com período de escassez hídrica mais intensa (Gomes, 2011). Esse uso pode ser direto, como espécie cultivada ou como porta-enxerto de espécies intolerantes à seca, ou mesmo indireto, no melhoramento genético das últimas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, I. C. A. **Estresse hídrico em alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* cham.): aspectos fisiológicos e produtivos**. 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros- MG. 2010.

AMORIM, A. V.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Produção e fisiologia de plantas de cajueiro anão precoce sob condições de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1014-1020, 2011.

ARAÚJO, F. P.; SANTOS, C. A. F.; LELO, F. M. **Propagação vegetativa do maracujá do mato: espécies resistentes à seca, de potencial econômico para agricultura de sequeiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Arido, 2004. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Arido, 61).

BATISTA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, F. J.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 475-481, 2010.

BRAGA, M. F.; BATISTA, A. D.; JUNQUEIRA N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P.; VAZ, C. F.; SANTOS, E. C.; SANTOS, F.C. Características agronômicas, físicas e químicas de maracujazeiro-alho (*Passiflora tenuifila* kilip.) cultivado no

Distrito Federal. In: **IV Reunião técnica de pesquisa em maracujazeiro**, Planaltina, DF. 2005 Trabalhos apresentados... Planaltina: 2005. p. 86-90.

BRAGA, M. F.; SILVA, J. R.; BARROS, A. M.; VASCONCELOS, M. A. S.; BATISTA, A.; DUTRA, A. P. Demanda para pesquisa visando a exploração diversificada. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujazeiro: Demandas para pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa. 2006, v. 1, p. 37-40.

BRUCKNER, C. H.; Perspectivas do melhoramento do maracujazeiro. In: Manica, I. (Ed.). **Maracujazeiro: temas selecionados (1) melhoramento, morte prematura, polinização, taxonomia**. Porto Alegre: Cinco Continentes. 1997. p. 25-46.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, V. F. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims. f. flavicarpa Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasílica**, v. 15, p.379-390, 2001.

CAVICHIOLO, J.C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C.A.; PAULO, E.M.; FAGUNDES, J.L.; KASAI, F.S. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-azedo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 92-96, 2006.

CERVI, A. C. **Passifloraceae do Brasil**: estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. Madrid: Fontqueria XLV, 1977.

COSTA, A. F. S.; VENTURA, J. A.; FANTON, C. J.; LIMA, I. M., CAETANO, L. C. S.; SANTANA, E. N. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2008. 56 p. (Incaper. Documentos, 162).

CUNHA, M. A. P. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. Maracujazeiro: produção e qualidade na passicultura. Embrapa Mandioca e Fruticultura – Cruz das Almas. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, p. 13-36, 2004.

DURIGAN, J. F.; SIGRIST, J. M. M.; ALVES, R. E. Qualidade e Tecnologia Pós-colheita do Maracujazeiro. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujazeiro: Produção e qualidade na Passicultura**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, p. 281-303, 2004.

FALEIRO, F.G., JUNQUEIRA, N.T.V., BRAGA, M.F. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro – Desafios da pesquisa. In: Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F. (Eds.) **Maracujazeiro: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 187-210.

FERREIRA, F. R. Recursos genéticos de *Passiflora*. In: FALEIRO, F.G., JUNQUEIRA, N. T. V. e BRAGA, M. F. **Maracujazeiro: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 41-51.

FERREIRA, E. T.; EVANGELISTA, B. A.; AGUIAR, J. L. P; JUNQUEIRA, N. T. V. Delimitação de áreas aptas para produção de maracujazeiro na entressafra no estado de Goiás e no Distrito Federal. **Planaltina**, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 24)

FEUILLET, C. *Passifloraceae* (passion flower family). In Flowering plants of the Neotropics (N. Smith, S. A. Mori, A. Henderson, D.W. Stevenson & S.V. Heald, eds.). Princeton University Press & New York Botanical Garden, Oxford, p.286-287, 2004.

FILHO, J. D.; VASCONCELLOS, M. A. S. Ecofisiologia do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v.21, n. 206, p.25-28, 2000.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; BREHM, M. A. S.; SANTOS, J. B. **Physical characteristics of fruit of yellow passion fruit produced in soil with bio-fertilizer, mulching and saline water.** v. 32. p. 71-78, IDESIA (Chile) Enero-Febrero, 2014.

GANGA, R. M. D.; RUGGIERO, C.; LEMOS, E. E. M.; GRILI, V. G. G.; GONÇALVES, M. M.; CHAGAS, E. A.; WICKERT, E. Diversidade genética em maracujazeiro-azedo utilizando marcadores moleculares Fafp. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 26, p. 494-498, 2004.

GOMES, M. T. C. **Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) ao déficit hídrico.** 2011. 70 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais. Vitória- ES. 2011.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; BEZERRA NETO, F. V.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 235-240, 2007.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G.; NETO, F.V.B. Estimativas de correlações fenotípicas e genéticas aditivas em características produtivas de maracujazeiro azedo. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PINTO, A. C. Q.; SOUZA, E. S. **IV Reunião Técnica de Pesquisas em Maracujazeiro: trabalhos apresentados.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.177-182.

GUIMARAES, T. G.; DIANESE, A. C.; OLIVEIRA, C. M.; MADALENA, J. O. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, H. C.; CAMPOS, G. A. **Recomendações Técnicas para o Cultivo de *Passiflora setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado.** Brasília: Embrapa Cerrados, 2013 (Comunicado Técnico - 174).

IBGE. Banco de Dados Agregados: produção agrícola municipal. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso: 05 maio 2016.

JÚNIOR, M. X. O. **Caracterização dos frutos do maracujazeiro-domato (*Passiflora cincinnata* Mast.) e superação de dormência de sementes**. 2008. 61 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Vitória da Conquista- BA 2008.

JUNQUEIRA, N. T. V.; ANJOS, J. R. N.; SILVA, A. P. O.; CHAVES, R. C.; GOMES, A. C. Reação às doenças e produtividade de onze cultivares de maracujá-azedo cultivadas sem agrotóxico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1005-1010, 2003.

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. **Maracujazeiro: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81-108.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; RAMOS, J. D.; BRAGA, M. F.; SOUZA, L. S. Confirmação de híbridos interespecíficos artificiais no gênero *Passiflora* por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 191-196, 2008.

LEÃO, A. J. P. **Formação de mudas de maracujazeiro por enxertia em espécies silvestres e híbridos inter e intraespecíficos**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Brasília, Brasília – DF. 2011.

LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, cap. 1, p.13-36, 2004.

LOPES, A. C. A.; VELLO, N. A.; PANDINIS, F.; ROCHA, M. M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**, v. 59, p.341-348, 2002.

MANICA, I.; Botânica e variedades. **Fruticultura tropical: maracujá**. In: MANICA, I. (ed.). São Paulo : Editora Agronômica Ceres, 1981. 160p.

MANICA, I. Maracujazeiro: Taxonomia - anatomia - morfologia, in: São José BC, Manica I, Hofmann M (Ed.), **Maracujazeiro: Temas selecionados - Melhoramento, morte prematura, polinização, taxonomia**. Cinco Continentes, Porto Alegre; 1997. p. 7-24.

MAR , C. C; CONCEIÇÃO, H. E. O; SANTOS, A. B. R; VIEGAS, I. J.M; SILVA, F. S. N. Produção de massa seca e área foliar do açaizeiro sob déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, p. 14-23, 2013.

MARIANO, K. R.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; AMORIM, S. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em myracrodruon urunde uva fr. all. submetida ao déficit hídrico. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 72-77, 2009

MARTINS, M. O. **Aspectos fisiológicos do nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. 2008. 84 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia, Recife-PE. 2008.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujazeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Volume Especial, p. 83-91, 2011.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. da S. Melhoramento genético do maracujazeiro: passado e futuro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.) **Maracujazeiro: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 55-78.

MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; FILHO, J. A. A. Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujazeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, p. 30-33, 2002.

MELETTI, L. M. M. Comportamento de híbridos e seleção de maracujazeiro (Passifloraceae). (Compactdisc) In: Simpósio Brasileiro sobre a cultura do Maracujazeiro, 6. Campos dos Goytacazes, 2003. **Palestras**. Campos dos Goytacazes: Cluster Informática, 2003.

NETO, E. M. C. Análise semântica dos nomes comuns atribuídos às espécies de *Passiflora* (*Passifloraceae*) no Estado da Bahia, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, p. 86-94. 2008.

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

NOGUEIRA, A. P. O; SEDIYAMA, T; SOUSA, L. B; HAMAWAKI, O. T; CRUZ, C. D; PEREIRA, D. G; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**., v. 28, p. 877-888, 2012.

NOVAES, Q. S; REZENDE, J. A. M. Protection between strains of Passion fruit woodiness virus in sunnhemp. **Fitopatologia Brasileira**. v. 30, p. 307-311, 2005.

PEIXOTO, C.P.; CERQUEIRA, E.C.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T. C.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 28, p. 439-443. 2006.

ROCHA, D. G. F; TÁVORA F. J. F. Relações hídricas de plantas em feijão-de-corda submetida à deficiência hídrica na fase vegetativa. **Enciclopédia Biosfera**. v. 9, p.2968. 2013.

ROGER, J. A. **Respostas morfofisiológicas de plantas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger) submetidas à restrição hídrica**. 2011. 40 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2011.

SANTANNA, H. L. S. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA. 2009.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, p. 287-294, 1998.

SANTOS, P. F; MALHADO, C. H. M. M; CARNEIRO, P. L. S; MARTINS, F. R; AZEVÊDO, D. M. M. R; CUNHA, E. E; SOUZA, J. C; FERRAZ, F. P. B. Correlação genética, fenotípica e ambiental em características de crescimento de bovinos da raça nelore variedade mocha. **Archives of Veterinary Science** v. 10, p. 55-60, 2005.

SANTOS, A. F. **Tolerância de mudas de mangueira à restrição hídrica**. 2011. 32 p. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal no Semiárido)- Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba- MG. 2011.

SILVA, A. A. G. Maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.): **Aspectos relativos à fenologia, demanda hídrica e conservação pós colheita**. 2002. 98 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP. 2002.

SILVA, M. G. M.; VIANA, A. P. AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; REIS, R. V. dos. Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro azedo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 493-499, 2012.

SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA, N.; BARBOSA, C. F.; NASCIMENTO, R. R.; COSTA, R. C. L.; CONCEIÇÃO, H. E. O. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. **Nucleus**, v. 9, p. 113-120, 2012.

SOUSA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. **Maracujá: Espécies, Variedades, Cultivo**. São Paulo. FEALQ, 1997. 179p.

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1221-1230, 2001.

SOUZA, J. S.; CARDOSO, C. E. L.; LIMA, A. A.; COELHO, E. F. Aspectos socioeconômicos. In: LIMA, A. A. (Ed. Técnico). **Maracujá produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2002. p. 10. (Frutas do Brasil, 15).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 62p.

VANDERPLANK, S. **Passion flowers**. 3. ed. Cambridge: Mit Press, 2000. 224p.

VASCONCELLOS, M. A.; SILVA, A. C.; SILVA, A. C.; REIS, F. O. Ecofisiologia do maracujazeiro e implicações na exploração diversificada. In: FALEIRO, F.

G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.) **Maracujazeiro: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 295-313.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M.; MALDONADO, J. F. M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Genetic diversity in yellow passion fruit populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p.87-94, 2006.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M.; MALDONADO, J. F. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Simple and canonic correlation between agronomical and fruit quality traits in yellow Passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.133-140, 2003.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. **Manual de fisiologia vegetal**. 1. ed. São Luis: EDUFMA, 2010. 230 p.

ARTIGO 1

PARÂMETROS GENÉTICOS E CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS E GENOTÍPICAS EM TRÊS CICLOS DE PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS INTRAESPECÍFICOS DE MARACUJAZEIRO AZEDO ¹

¹ Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico: Pesquisa Agropecuária Brasileira

Parâmetros genéticos e correlações fenotípicas e genotípicas em três ciclos de produção de híbridos intraespecíficos de maracujazeiro azedo

Resumo: O melhoramento genético do maracujazeiro é uma atividade recente visando principalmente a obtenção de genótipos produtivos e resistentes às principais doenças da cultura. Este trabalho teve por objetivo determinar o ciclo ideal para seleção de genótipos mediante as estimativas de parâmetros genéticos e correlações fenotípicas e genotípicas. Foram avaliados nove caracteres agronômicos em 14 híbridos de maracujazeiro azedo em três ciclos de produção. Os parâmetros genéticos estudados foram: coeficiente de variação genético; razão entre o coeficiente de variação genético e experimental; variância fenotípica; variância genética; variância ambiental; herdabilidade e correlações. Esses parâmetros foram estabelecidos com base nos quadrados médios associados aos efeitos de tratamentos e dos resíduos das características avaliadas. As correlações entre os caracteres alteraram em função do ciclo de avaliação. No entanto, os caracteres MF x (CF, DF, MC e MP); CF x (DF, MC e MP) e NF x PR foram mais estáveis quanto a consistência das correlações significativas nos diferentes ciclos de avaliação. A maioria dos parâmetros genéticos apresenta resultados favoráveis para seleção de indivíduos geneticamente superiores no primeiro ciclo de produção, com exceção da produção, que obteve maiores valores no segundo ciclo. Desta forma, pode-se reduzir o tempo de avaliação dos híbridos em campo, tornando o programa de melhoramento mais rápido e menos oneroso.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims; melhoramento genético; herdabilidade; seleção.

Genetic parameters and phenotypic and genotypic correlations in three production cycles of intraspecific hybrids of yellow passion fruit

Abstract: Breeding of the yellow passion fruit is a recent activity with the main objective of obtaining highly productive genotypes with resistance to the major crop diseases. Therefore, the determination of the ideal production cycle for selection is very important for anticipating the breeding of superior individuals. This work evaluated the ideal selection cycle after the estimation of genetic parameters and phenotypic and genotypic correlations. Nine agronomical traits were studied on 14 intraspecific hybrids of the yellow passion fruit in three successive production cycles. Genetic parameters comprised genetic coefficient of variation, relation between genetic variation and experimental coefficients, phenotypic variance, genetic variance, environmental variance, herdability and correlation among nine fruit traits. These parameters were established according to the mean squares associated to the treatments effects and to the residues of the evaluated traits. Correlations among traits varied due to the selection cycle. However, the traits MF x (CF, DF, MC e MP); CF x (DF, MC e MP) and NF x PR were more stable regarding to the significant correlations consistency in the different selection cycles. The majority of the genetic parameters had favorable results for the selection of genetically superior individuals in the first production cycle, with the exception of fruit yield, which in turn had higher values in the second cycle. The first cycle can be used by breeders because it presented higher genetic variation and herdability for the majority of traits in relation to the two following cycles. Consequently, time spent for the evaluation of the hybrids in the field can be decreased, with economy for the breeding programs.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims.; breeding; herdability; selection.

INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético de maracujazeiro azedo ou amarelo (*Passiflora edulis* Sims) estão direcionados principalmente para hibridações controladas que visam a obtenção de indivíduos com elevado potencial produtivo, frutos de alta qualidade, alta taxa de polinização natural e resistência aos principais patógenos que vêm limitando o tempo de produção e, assim, inviabilizando a atividade em diversas regiões do Brasil (Oliveira et al., 2011).

Para a obtenção de híbridos geneticamente superiores, é considerada uma série de caracteres morfo agronômicos, sendo que a análise de correlação entre tais caracteres contribui para a tomada de decisão na seleção genótipos promissores, tendo em vista que a técnica permite selecionar caracteres de difícil mensuração e de herança complexa a partir de outro caráter de fácil mensuração (Gonçalves et al., 2008; Oliveira et al., 2011).

Uma alta correlação entre dois caracteres permite selecionar determinada característica de interesse de baixa herdabilidade, obtendo-se ganhos mais rápidos por meio da seleção indireta. Essa estratégia permite obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta, ao passo que otimiza os ganhos nos programas de melhoramento genético (Carvalho et al., 2004; Moraes et al., 2005; Gonçalves et al., 2008). Essa associação é resultante do pleiotropismo, fenômeno pelo qual genes primários afetam uma ou mais características de forma simultânea (Falconer e Mackay, 1996). A associação desses parâmetros genéticos como herdabilidade, variação genotípica, fenotípica, coeficiente de variação genotípica e ambiental, são fundamentais na obtenção de informações da população em estudo (Moraes et al., 2005) e da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres (Silva et al., 2012).

As informações a respeito de estimativas de correlação genotípica entre caracteres de interesse permitem selecionar indivíduos com atributos desejáveis para os programas de melhoramento genético. Morais et al. (2005), avaliando parâmetros genéticos e correlação entre características pós-colheita no primeiro ciclo de produção do maracujazeiro, obtiveram resultados que possibilitaram a seleção de indivíduos superiores para as características peso de fruto, número de frutos e peso de polpa. Oliveira et al. (2011), avaliaram 25 caracteres

morfoagronômicos, obtiveram correlações de fácil mensuração de sentido prático com o menor tamanho de androginóforo a partir da largura de folha (-0,61), menor espessura de casca a partir do comprimento do pecíolo (0,80), maior rendimento de polpa correlacionado negativamente com espessura de casca (-0,70) em gerações iniciais de cruzamentos.

Na literatura, não há relatos de estudos que demonstrem a estimativa dos componentes genéticos e de correlação entre diferentes ciclos de produção para o maracujazeiro azedo. A observação do comportamento genotípico em função das safras iniciais poderá antecipar o processo de seleção e, conseqüentemente, o custo para os programas de melhoramento. Essa antecipação é particularmente interessante para a seleção de maracujazeiro azedo visando o desempenho produtivo, pois a vida útil da cultura é cada vez mais reduzida em função da elevada incidência e severidade de doenças em condições de campo (Cerqueira-Silva et al., 2014; Freitas et al., 2016). A cultura é mantida comercialmente por até quatro anos, reduzindo a um ano na presença de doenças mais limitantes como viroses e fusariose (Cerqueira-Silva et al., 2014; Freitas et al., 2016).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo determinar o ciclo ideal de seleção mediante a utilização de parâmetros genéticos e por meio da análise de correlação fenotípica e genotípica entre nove caracteres agronômicos de 14 híbridos de maracujazeiro azedo avaliados em três ciclos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área de produção comercial no município de Lençóis, Estado da Bahia, Brasil ("12°17'37" S, 42°39'27" W, 700 m) de dezembro de 2012 a fevereiro de 2014. O clima da localidade é classificado como mesotérmico do tipo Cwbpela classificação de Köppen. As condições climáticas do período de avaliação variam desde a temperatura máxima de 28 a 32 ° C, mínimo de 16 a 20 ° C, umidade relativa de 59 a 77% e precipitação de 538,8 a 968,8 mm (INMET, 2015). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura argilosa (Embrapa 1999) e teve os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm : pH (H₂O) 6,50 e 6,90; P 18 e 126 (mg dm⁻³); K 0,15 e 0,41; Ca 4,30 e 7,27; mg 2,30 e 3,85; Al 0,0 e 0,0; H⁺ al 3,08 e 1,10; 9,91 e 13,01 CTC (cmolc dm⁻³); 69 V e

92 (%); MO 47,6 e 54,0 g kg⁻¹ de solo). Com as seguintes propriedades químicas na camada de 0-20 cm: pH (H₂O) 6,50 e 6,90; P 18 e 126 (mg dm⁻³); K 0,15 e 0,41; Ca 4,30 e 7,27; Mg 2,30 e 3,85; Al 0,0 e 0,0; H + Al 3,08 e 1,10; CTC 9.91 e 13.01 (cmolc dm⁻³); V 69 e 92 (%); M.O. 47,6 e 54,0 g kg⁻¹ de solo).

Avaliaram-se 14 híbridos intraespecíficos de maracujazeiro azedo *Passiflora edulis* Sims., sendo 12 híbridos da série HFOP-01 a 12, oriundos de cruzamentos entre parentais selecionados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura em função da maior produtividade e atributos desejáveis de físico-químicos de frutos (Neves et al., 2013), e dois híbridos comerciais lançados pela Embrapa, BRS Sol do Cerrado (BRS-SC) e BRS Gigante Amarelo (BRS-GA). Todos os híbridos foram obtidos de sementes coletadas após as hibridações controladas de plantas matrizes da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Noventa dias após a semeadura, as mudas foram plantadas a campo, com condução em espaldeira simples a 2 m de altura e no espaçamento de plantio 4,0 m x 2,5 m. O cultivo foi irrigado por sistema de irrigação do tipo gotejamento e os tratos culturais foram os usualmente recomendados para a cultura no Brasil, sendo empregados exclusivamente fertilizantes e defensivos registrados para agricultura orgânica.

Os caracteres analisados foram: produção total acumulada (t ha⁻¹) nas três colheitas realizadas durante o período do experimento, massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro do fruto (DF), espessura de casca (EC), massa da casca (MC), massa da polpa sem sementes (MP) e rendimento de suco (REND), dado por MP dividido por MF em termos percentuais. Para cada colheita, cinco frutos foram analisados por parcela. Para estimar a produtividade foi realizada a contagem de número de frutos de todas as plantas da parcela. Todos os caracteres foram avaliadas aos 184 (ciclo 1), 334 (ciclo 2) e 441 (ciclo 3) dias após o plantio.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 14 tratamentos, cinco repetições e 12 plantas na parcela. Os parâmetros genéticos estudados foram:

CV_g = coeficiente de variação genético;

CV_g/CV_e = razão entre o coeficiente de variação genético e experimental;

σ_f^2 = variância fenotípica;

σ_g^2 = variância genética;

σ_e^2 = variância ambiental;

h^2 = herdabilidade.

Esses parâmetros foram estabelecidos com base nos quadrados médios associados aos efeitos de tratamentos e dos resíduos das características avaliadas:

$$\text{Variância genotípica: } \hat{\sigma}^2 = \frac{QMG - QME}{r},$$

em que QMG = quadrado médio de progênies; QME = quadrado médio do erro efetivo; e r = número de repetições.

$$\text{Variância fenotípica: } \hat{\sigma}^2_f = \frac{QMG}{r}.$$

$$\text{Coeficiente de herdabilidade: } h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{QMG - QME}{QMG}.$$

$$\text{Coeficiente de variação genética: } C\hat{V}_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{m} \times 100,$$

em que m é a média geral.

$$\text{Coeficiente de variação experimental: } C\hat{V}_e = \frac{\sqrt{QME}}{m} \times 100.$$

Para análise de correlação, foram estimadas as correlações fenotípica (r_f), e genotípica (r_g) conforme descrito por Cruz et al. (2004). Todas as análises foram realizadas no programa Genes (Cruz, 2006), por meio das seguintes expressões:

$$r_F = \frac{PMT_{xy}}{\sqrt{QMT_x \cdot QMT_y}} \quad \text{e} \quad r_G = \frac{\hat{\sigma}_{gxu}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \hat{\sigma}_{gy}^2}},$$

sendo

$$\hat{\sigma}_{gxy} = \frac{PMT_{xy} - PMR_{xy}}{r} \quad \text{e} \quad \hat{\sigma}_{gx}^2 = \frac{QMT_x - QMR_x}{r}$$

em que:

PMT_{xy} e PMR_{xy} : produtos médios associados aos efeitos de tratamentos e resíduo, respectivamente, em relação às características x e y;

QMT_x e QMT_y : quadrados médios associados aos efeitos de tratamentos das características x e y, respectivamente;

QMR_x e QMR_y : quadrados médios associados aos efeitos de resíduos das características x e y, respectivamente;

$\hat{\sigma}_{gxu}$: estimativa da covariância genotípica entre as características x e y;

$\hat{\sigma}_{gx}^2$ e $\hat{\sigma}_{gy}^2$: estimativa das variâncias genotípicas das características x e y, respectivamente.

Além disso, verificaram-se a magnitudes dos coeficientes de correlação de acordo com a classificação de Carvalho et al. (2004): $r = 0$ (nula); $0 < |r| \leq 0,30$ (fraca); $0,30 < |r| \leq 0,60$ (média); $0,60 < |r| \leq 0,90$ (forte); $0,90 < |r| < 1$ (fortíssima) e $|r| = 1$ (perfeita).

RESULTADOS

As avaliações realizadas ao longo dos três ciclos de produção dos 14 híbridos de maracujazeiro azedo demonstraram variabilidade para maioria dos caracteres e entre os ciclos de avaliação (Tabela 1). De maneira geral verificou-se que 66,67% das variações genéticas encontram-se acima de 10%, com coeficiente de variação (CV_g) oscilando de de 3,96 (ciclo 1) a 21,02% (ciclo 2) para as características diâmetro do fruto e produção.

Tabela 1. Parâmetros genéticos para nove caracteres físicos e químicos de frutos de 14 híbridos de maracujazeiro azedo analisados em três ciclos de produção respectivamente 184, 334 e 441 dias após o plantio.

| Descrição | Ciclo | MF | CF | DF | EC | MC | MP | RE | NF | PR |
|--------------|---------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---------|-------|
| CV_g | Ciclo 1 | 13,40 | 7,98 | 3,96 | 10,87 | 16,47 | 13,86 | 8,14 | 13,10 | 17,07 |
| | Ciclo 2 | 12,93 | 7,70 | 4,45 | 9,92 | 12,90 | 16,26 | 5,25 | 19,29 | 21,02 |
| | Ciclo 3 | 16,08 | 9,42 | 5,67 | 4,78 | 20,84 | 13,60 | 12,80 | 18,93 | 12,94 |
| CV_e | Ciclo 1 | 11,65 | 6,00 | 4,21 | 11,21 | 13,28 | 17,77 | 14,03 | 26,73 | 33,47 |
| | Ciclo 2 | 15,96 | 6,36 | 5,78 | 15,75 | 18,43 | 23,57 | 15,91 | 24,11 | 26,61 |
| | Ciclo 3 | 18,48 | 22,98 | 5,73 | 15,42 | 17,81 | 34,00 | 32,00 | 22,27 | 25,88 |
| CV_g/CV_e | Ciclo 1 | 1,15 | 1,33 | 0,94 | 0,97 | 1,24 | 0,78 | 0,58 | 0,49 | 0,51 |
| | Ciclo 2 | 0,81 | 1,21 | 0,77 | 0,63 | 0,70 | 0,69 | 0,33 | 0,80 | 0,79 |
| | Ciclo 3 | 0,87 | 0,41 | 0,99 | 0,31 | 1,17 | 0,40 | 0,40 | 0,85 | 0,50 |
| σ_f^2 | Ciclo 1 | 884,73 | 0,69 | 0,19 | 1,23 | 372,04 | 119,12 | 21,95 | 51,12 | 2,31 |
| | Ciclo 2 | 1683,43 | 0,82 | 0,31 | 1,10 | 406,32 | 342,70 | 27,86 | 113,61 | 5,44 |
| | Ciclo 3 | 1511,15 | 4,25 | 0,38 | 1,18 | 638,81 | 215,99 | 69,29 | 1276,40 | 28,78 |
| σ_g^2 | Ciclo 1 | 57,05 | 63,77 | 47,37 | 48,78 | 60,75 | 37,84 | 25,19 | 19,41 | 20,78 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (% da σ_f^2) | Ciclo 2 | 39,62 | 59,76 | 38,71 | 28,18 | 32,67 | 32,35 | 10,05 | 39,29 | 38,05 |
| | Ciclo 3 | 42,95 | 14,59 | 50,00 | 8,47 | 57,86 | 13,55 | 14,04 | 41,76 | 20,29 |
| σ_e^2 (% da σ_f^2) | Ciclo 1 | 42,95 | 36,23 | 52,63 | 52,03 | 39,25 | 62,16 | 74,81 | 80,58 | 78,79 |
| | Ciclo 2 | 60,38 | 40,24 | 61,29 | 70,91 | 67,33 | 67,65 | 89,95 | 60,71 | 61,76 |
| | Ciclo 3 | 57,05 | 85,65 | 50,00 | 91,53 | 42,14 | 86,45 | 85,96 | 58,24 | 79,74 |
| h^2 | Ciclo 1 | 86,92 | 89,82 | 81,66 | 82,34 | 88,56 | 75,27 | 62,73 | 54,64 | 56,83 |
| | Ciclo 2 | 76,64 | 87,98 | 74,91 | 66,74 | 70,81 | 70,51 | 35,81 | 76,39 | 75,50 |
| | Ciclo 3 | 79,01 | 45,83 | 82,99 | 32,21 | 87,28 | 43,94 | 44,97 | 78,19 | 55,97 |

MF = massa de fruto; CF = comprimento de fruto; DF = diâmetro de fruto; EC = espessura de casca; MC = massa de casca; MP = massa de polpa; RE = rendimento; NF = número de frutos PR = produtividade. CV_g = coeficiente de variação genético; CV_e = coeficiente de variação experimental; CV_g/CV_e = razão entre o coeficiente de variação genético e experimental; σ_f^2 = variância fenotípica; σ_g^2 = variância genética; σ_e^2 = variância ambiental; h^2 = herdabilidade.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) variou de 34,00% (massa de polpa no ciclo 3) a 4,21% (diâmetro de fruto no ciclo 1), sendo que a maioria foi considerada média (10 a 20%) para os caracteres massa de polpa (MP), massa de fruto (MF) e rendimento de suco (RE). Menor variação experimental foi evidenciada no primeiro ciclo de produção, com exceção para o número de frutos (NF) e produção (PR) (Tabela 1). A desuniformidade de frutificação entre os híbridos no primeiro ciclo resultou em maior CV_e , evidenciando a variabilidade quanto à precocidade de produção entre os híbridos avaliados.

A relação entre CV_g e CV_e pode auxiliar na seleção de indivíduos geneticamente superiores, quanto mais próximo ou acima de um for o valor maior será a variação atribuída a fatores genéticos. Valores com essa magnitude foram observados para o primeiro ciclo nos caracteres massa de fruto (MF), comprimento do fruto (CF) e massa de casca (MC), evidenciando menor CV_e e valores alto a medianos de CV_g .

A herdabilidade representa a porção da variância fenotípica atribuída a causas genéticas que pode ser herdada em gerações subsequentes. Esse parâmetro variou de 32,21 a 89,82% para espessura da casca (terceiro ciclo) e comprimento do fruto (primeiro ciclo), respectivamente. Os maiores valores foram observados no primeiro ciclo para massa de fruto (MF), comprimento de fruto (CF), espessura de casca

(EC), massa de casca (MC), massa de polpa (MP) e rendimento (RE), enquanto para diâmetro do fruto (DF), número de frutos (NF) e produtividade (PR) os maiores valores foram observados no terceiro e segundo ciclos de avaliação, respectivamente (Tabela 1).

Os resultados das correlações entre pares de caracteres do primeiro ao terceiro ciclo são apresentados na Tabela 2. Observaram-se 44 correlações fenotípicas significativas, com coeficientes variando de -0,74 a 0,96. De acordo com Carvalho et al. (2004), dessas, 20,4% foram correlações fortíssimas ($0,90 < |r| < 1$), 52,3% consideradas correlações fortes ($0,60 < |r| \leq 0,90$), 15,9% consideradas médias ($0,30 < |r| \leq 0,60$). Dessas correlações 9,09% apresentaram coeficientes negativos. Por outro lado, as correlações genotípicas apresentaram 58 correlações significativas, com coeficientes variando de -0,85 a 1,00, sendo que 5,2% foram classificadas como correlação média, 41,4% correlações fortes, 19% fortíssima e 10,3% de magnitude perfeita ($r = 1$) (Carvalho et al., 2004).

Tabela 2. Estimativa das correlações fenotípicas (diagonal superior) e genotípicas (diagonal inferior) para nove caracteres de 14 híbridos de maracujazeiro azedo analisados aos 184 (ciclo 1), 334 (ciclo 2) e 441 (ciclo 3) dias após o plantio.

| | | MF | CF | DF | EC | MC | MP | RE | NF | PR |
|----|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| MF | Ciclo 1 | | 0,94** | 0,95** | 0,10 ^{ns} | 0,91** | 0,72** | -0,19 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,65* |
| | Ciclo 2 | | 0,86** | 0,90** | 0,12 ^{ns} | 0,94** | 0,93** | 0,41 ^{ns} | -0,33 ^{ns} | 0,36 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | | 0,62* | 0,96** | 0,53* | 0,94** | 0,66* | -0,21 ^{ns} | -0,70** | 0,09 ^{ns} |
| CF | Ciclo 1 | 0,98** | | 0,86** | 0,20 ^{ns} | 0,94** | 0,60* | -0,30 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,64* |
| | Ciclo 2 | 0,88** | | 0,68** | 0,25 ^{ns} | 0,85** | 0,74** | 0,18 ^{ns} | -0,61* | -0,02 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | 0,94** | | 0,53* | 0,31 ^{ns} | 0,69** | 0,19 ^{ns} | -0,35 ^{ns} | -0,35 ^{ns} | 0,21 ^{ns} |
| DF | Ciclo 1 | 0,96** | 0,90** | | 0,17 ^{ns} | 0,82** | 0,80** | 0,00 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,59* |
| | Ciclo 2 | 0,92** | 0,70** | | 0,00 ^{ns} | 0,86** | 0,89** | 0,44 ^{ns} | -0,28 ^{ns} | 0,34 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | 1,01** | 0,76** | | 0,51 ^{ns} | 0,94** | 0,54* | -0,34 ^{ns} | -0,64* | 0,11 ^{ns} |
| EC | Ciclo 1 | 0,14 ^{ns} | 0,23 ^{ns} | 0,27 ^{ns} | | 0,40 ^{ns} | -0,15 ^{ns} | -0,39 ^{ns} | 0,27 ^{ns} | 0,21 ^{ns} |
| | Ciclo 2 | 0,06 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | -0,11 ^{ns} | | 0,18 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | -0,30 ^{ns} | -0,44 ^{ns} | -0,39 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | 0,97** | 0,96** | 0,99** | | 0,64* | 0,20 ^{ns} | -0,23 ^{ns} | -0,70** | -0,43 ^{ns} |
| MC | Ciclo 1 | 0,93** | 1,00** | 0,86** | 0,46 ^{ns} | | 0,52 ^{ns} | -0,39 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | 0,67** |
| | Ciclo 2 | 0,97** | 0,89** | 0,87** | 0,10 ^{ns} | | 0,82** | 0,20 ^{ns} | -0,24 ^{ns} | 0,39 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | 0,96** | 1,02** | 0,96** | 1,08** | | 0,43 ^{ns} | -0,40 ^{ns} | -0,74** | -0,06 ^{ns} |
| MP | Ciclo 1 | 0,77** | 0,69** | 0,88** | -0,06 ^{ns} | 0,60* | | 0,53* | -0,16 ^{ns} | 0,37 ^{ns} |
| | Ciclo 2 | 1,00** | 0,76** | 1,01** | -0,10 ^{ns} | 0,88** | | 0,70** | -0,28 ^{ns} | 0,39 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | 0,67** | 0,33 ^{ns} | 0,59* | 0,56* | 0,45 ^{ns} | | 0,58* | -0,49 ^{ns} | 0,09 ^{ns} |
| RE | Ciclo 1 | -0,24 ^{ns} | -0,35 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | -0,38 ^{ns} | -0,43 ^{ns} | 0,44 ^{ns} | | -0,31 ^{ns} | -0,31 ^{ns} |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Ciclo 2 | 0,66** | 0,16 ^{ns} | 0,84** | -0,50 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | 0,76** | -0,06 ^{ns} | 0,30 ^{ns} |
| | Ciclo 3 | -0,51 ^{ns} | -0,75** | -0,67** | -0,49 ^{ns} | -0,68** | 0,27 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | -0,05 ^{ns} |
| NF | Ciclo 1 | -0,02 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | -0,09 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | 0,21 ^{ns} | -0,32 ^{ns} | -0,57* | 0,76** |
| | Ciclo 2 | -0,39 ^{ns} | -0,73** | -0,33 ^{ns} | -0,66* | -0,26 ^{ns} | -0,31 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,75** |
| | Ciclo 3 | -0,82** | -0,65* | -0,75** | -1,25 ^{ns} | -0,85** | -0,68** | 0,21 ^{ns} | 0,63* |
| PR | Ciclo 1 | 0,76** | 0,80** | 0,67** | 0,35 ^{ns} | 0,87** | 0,39 ^{ns} | -0,54* | 0,62* |
| | Ciclo 2 | 0,34 ^{ns} | -0,11 ^{ns} | 0,35 ^{ns} | -0,63* | 0,41 ^{ns} | 0,45 ^{ns} | 0,67** | 0,74** |
| | Ciclo 3 | -0,08 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | -0,82** | -0,23 ^{ns} | -0,11 ^{ns} | -0,14 ^{ns} | 0,63* |

MF = massa de fruto; CF = comprimento de fruto; DF = diâmetro de fruto; EC = espessura de casca; MC = massa de casca; MP = massa de polpa; RE = rendimento; NF = número de frutos PR = produtividade; ns= não significativo; * e **, significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Dentre os pares de correlações genóticas significativas, 24,13% foram negativos, praticamente o dobro em relação às correlações fenotípicas negativas. Constatou-se desuniformidade no decorrer dos ciclos entre os coeficientes dos pares de características correlacionadas. No primeiro ciclo as maiores correlações entre as variáveis foram para CF x MF (0,98), DF x CF (0,90), MC x CF (1,00), PR x MF (0,76), PR x CF (0,80), PR x DF (0,67) e PR x MC (0,87). No entanto, o segundo ciclo apresentou maiores correlações com outros pares de características diferentes: MC x MF (0,97), MP x MF (1,00), MP x CF (0,76), MP x DF (1,01), MP x MC (0,88), RE x MF (0,66), RE x DF (0,84), RE x MP (0,76), PR x NF (0,74). No terceiro ciclo, foi constatada superioridade na magnitude dos coeficientes de correlação para um menor número de características [DF x MF (1,01), EC x MF (0,97), EC x CF (0,96), EC x DF (0,99), MC x DF (0,96), MC x EC (1,08)], de modo que a seleção de híbridos pode ser realizada de forma confiável com base nos ciclos anteriores.

Para os três ciclos de avaliação, verificou-se que amassa de fruto apresentou correlação genotípica positiva significativa com comprimento e diâmetro de frutos, massa de casca e massa da polpa. Também foi observada correlação positiva MF x RE com 0,66 (ciclo 1) e MF x PR com 0,76 (ciclo 1) e negativa (-0,82) entre MF x NF(ciclo 3). Altas correlações genéticas positivas foram observadas entre CF x DF e DF x MC.

No terceiro ciclo, o número de frutos (NF) apresentou correlação genética negativa e significativa para a maioria das características MF (-0,82), CF (-0,65), DF (-0,75), MC (-0,85) e MP (-0,68), enquanto o primeiro e segundo ciclos tenham

apresentado poucas características correlacionadas, a exceção de NF x RE (-0,57) no primeiro ciclo e NF x CF (-0,73) e NF x EC (-0,66) no segundo ciclo.

Para todos os ciclos houve correlações genótípicas positivas e significativas entre MF x (CF, DF, MC e MP); CF x (DF, MC e MP) e NF x PR. A espessura da casca (EC) só apresentou significância com os caracteres MF, CF, DF, MC e MP (no terceiro ciclo); com NF (no segundo ciclo) e com PR (no segundo e terceiro ciclo). Para a produtividade (PR) as significâncias das correlações ficaram restritas ao primeiro ciclo para os caracteres MF, CF, DF e MC e segundo e terceiro ciclo para EC e ao primeiro e segundo ciclo para RE (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Os parâmetros genéticos são de grande importância para direcionar as ações do programa de melhoramento genético. Através desses parâmetros é possível conhecer a variabilidade genética, o grau de expressão de um caráter e os ganhos com a seleção direta ou indireta (Rocha et al., 2003). Para tal é importante que os ensaios sejam bem conduzidos para que as informações sejam mais acuradas. O CVe variou de 4,21% e 34,00%, sendo que a maioria dos caracteres ficou abaixo de 20%. Estudos realizados por Silva et al. (2012) com maracujazeiro obtiveram coeficientes de variação experimental oscilando de 4,13 a 28,38% para diâmetro de fruto e produção total, respectivamente. Amplitudes de 4,76% (comprimento de fruto) a 20,48% (número de frutos) são consideradas variações que denotam boa acurácia experimental em estudos com maracujazeiro azedo (Oliveira et al., 2008).

Características importantes na seleção de indivíduos superiores, como massa de fruto (MF), massa de polpa (MP), número de frutos (NF) e produção (PR), apresentaram elevado valor de CV_g ao longo dos três ciclos de avaliação quando comparado ao de outros trabalhos realizados com a cultura (Moraes et al., 2005; Oliveira et al., 2008; Silva et al., 2012). De acordo com Pimentel et al. (2008), a produção do maracujazeiro é baixa no primeiro ciclo, tende a aumentar no segundo ciclo e decresce novamente no terceiro ciclo.

Estudo realizado por Morais et al. (2005), indicou variação genética de 9,0; 4,58; 15,0 e 7,80% para os caracteres CF, DF, NF e RE, respectivamente. Oliveira et al. (2008) obtiveram coeficiente de variação genético de 12,92% para número de

frutos, estando próximo do encontrado por Silva et al. (2012) e os do presente estudo (primeiro ciclo). No entanto, para as demais variáveis, os autores obtiveram baixos CV_g em comparação aos do presente estudo. Acredita-se que essa diferença é devido aos materiais genéticos testados.

Silva et al. (2012), obtiveram relação CV_g/CV_e acima de um, apenas para o caráter massa média de fruto e próximo a um para comprimento de fruto (0,81) e espessura de casca (0,70), ficando próximo aos resultados aqui apresentados (Tabela 1). A superioridade desta relação no primeiro ciclo de produção para a maioria das variáveis com exceção do diâmetro de fruto (0,99 terceiro ciclo), número de frutos (0,85 terceiro ciclo) e produção (0,79 segundo ciclo) indica possibilidade de seleção no primeiro ciclo de produção, tendo em vista, que a maioria dos caracteres apresentaram elevado coeficiente de variação genético e inferior coeficiente de variação experimental quando comparado a outros estudos similares (Morais et al., 2005; Oliveira et al., 2008; Silva et al., 2012).

Herdabilidades acima de 50% foram observadas em estudo anterior com maracujazeiro para o rendimento de suco (82,2%), massa de polpa (83,2%) e número de frutos por planta (83,0%) (Moraes et al., 2005). Por outro lado, para o número de frutos, Linhares (2007), Silva et al. (2009) e Silva et al. (2012) obtiveram estimativas de herdabilidade de 33,00; 54,00; 36,90 e 49,39%, respectivamente, ficando abaixo dos valores aqui observados. A predição desse componente contribui de forma direta no programa de melhoramento genético, através da seleção de progênies que apresentem um maior número de frutos por planta. A herdabilidade da massa de polpa (MP) ficou acima de 70% nos dois primeiros ciclos de produção (Tabela 1). Linhares, (2007) e Moraes et al. (2005) obtiveram magnitude acima de 50%, já Oliveira et al. (2008) observaram herdabilidade de 28% para o mesmo atributo.

Forte redução na herdabilidade no terceiro ciclo de avaliação foi observada nos parâmetros CF, EC, MP e PR (Tabela 1). Esse comportamento pode ser explicado pela variação ambiental (σ_e^2), que foi alta principalmente no terceiro ciclo. Por se tratar do ciclo mais tardio de produção, provavelmente esteve sujeito a maior influência do ambiente, seja em função das variáveis meteorológicas, seja em função da incidência de pragas e doenças.

Ao longo dos ciclos de produção, o efeito do ambiente se torna cada vez mais evidente, fazendo com que ocorra diminuição na variância genética e na herdabilidade nas características MF, CF, EC, MP e RE. Apenas para o caráter NF foi observado o aumento desses dois parâmetros com o aumento do ciclo de avaliação.

Pimentel et al. (2008) observaram que o segundo ciclo de produção foi mais adequado para estimar a produção, número de frutos e peso médio dos frutos de maracujazeiro nas condições de Londrina – PR.

O conhecimento de correlações nos programas de melhoramento genético é de grande relevância quando se pretende realizar seleção simultânea ou indireta, em especial quando o caráter de interesse apresenta dificuldades de medição (Cruz et al., 2004). Essa técnica possibilita ao melhorista reduzir o trabalho de seleção e alcançar avanços mais imediatos (Negreiros et al., 2007).

A correlação genética busca explicar, através de mecanismos genéticos, a alteração conjunta de duas características, sendo a pleiotropia e a ligação gênica os fenômenos genéticos que esclarecem a ocorrência de tais correlações. No presente estudo as correlações genotípicas foram superiores as fenotípicas. Há uma tendência de os coeficientes de correlação genotípica superarem os de correlação fenotípica, o que, de acordo com Oliveira et al. (2008), evidenciam que os fatores genéticos são mais determinantes que os ambientais na expressão desses caracteres. Tais resultados são vantajosos no processo de seleção, pois os efeitos genéticos se sobrepõem aos ambientais na manifestação do fenótipo (Macedo, 2012).

De acordo com Greco et al. (2014), a presença de correlações negativas e positivas, entre certos caracteres de interesse agrônomo, implica na utilização de métodos de seleção que as levem em consideração na hora da escolha dos genótipos superiores.

No presente estudo, notou-se que a depender do ciclo de avaliação algumas correlações são estáveis em todos os ciclos como as de MF x (CF, DF, MC e MP); CF x (DF, MC e MP) e NF x PR. Enquanto outras variam em função do ciclo de avaliação como as altas correlações positivas do caráter PR x (MF, CF, DF e MC) e EC x (MF, CF, DF, MC e MP) e que só foram significativas no primeiro e terceiro ciclo, respectivamente. Esse comportamento pode explicar as diferenças nos

resultados encontrados na literatura, já que a depender da época de avaliação e da população em estudo pode ser ter correlações distintas. Além disso, o melhorista pode direcionar a seleção para determinados ciclos de seleção visando aumentar o progresso com a seleção indireta.

É interessante destacar que as correlações apresentadas são interessantes para o melhoramento genético, já que à medida que se seleciona para maior massa de frutos, ganhos também ocorrerão em comprimento e diâmetro do fruto, massa da casca e polpa. A massa da casca quando associado a maior massa de frutos é interessante, pois aumenta a resistência ao transporte e a durabilidade de frutos, especialmente quando o mercado é de frutas frescas. Viana et al. (2003) também observaram correlação genética positiva entre as variáveis massa de frutos e comprimento de frutos, ao avaliar 20 genótipos de maracujazeiro azedo nas condições de Macaé e Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro.

O melhoramento genético do maracujazeiro busca selecionar plantas com frutos de massa mediana e com elevado rendimento de polpa (Oliveira et al., 2011). O aumento da massa do fruto ocasiona acréscimo na da polpa, mas não necessariamente leva ao aumento do rendimento de polpa, denotando que frutos maiores não obrigatoriamente terão maior quantidade de polpa, mas pode haver maior massa de sementes ou de casca, como comprovam estudos de outros autores (Martins et al., 2003; Gonçalves et al., 2008). Neste estudo, a massa de frutos também estava associada positivamente com a massa de polpa em todos os ciclos de avaliação, contrariando esses autores.

As altas correlações genéticas positivas observadas entre comprimento e diâmetro de frutos, assim como entre diâmetro de frutos e massa de casca, corroboram com os resultados obtidos por Linhales (2007).

Algumas correlações genéticas foram superiores a uma unidade (DF x MF; CF x MC e DF x MP). Oliveira et al. (2011) também verificaram este comportamento para algumas correlações em caracteres de maracujazeiro azedo. Mistro et al. (2007), objetivando estimar os coeficientes de correlação entre caracteres de café (*Coffea arabica* L.), também observaram coeficientes acima de 1,00, os autores relatam que o pequeno número de tratamentos pode ter induzido a essas estimativas.

O número de frutos (NF) é uma característica desejável no melhoramento do maracujazeiro. No primeiro ciclo (ciclo 1) não se verificou correlações significativas entre NF para a maioria dos caracteres, a exceção de NF x RE (-0,57) e NF x PR que foi positiva para os três ciclos. No entanto, para o segundo e terceiro ciclo (ciclo 2 e 3) houve correlações negativas para a maioria dos caracteres. Diversos autores associaram NF com outros caracteres físicos e químicos no maracujazeiro (Martins et al., 2003; Moraes et al., 2005; Gonçalves et al., 2008; Morgado et al., 2010; Rocha, 2014). Contraditoriamente, Silva et al. (2009) não observaram associação entre número de frutos por planta com algumas características de qualidade de frutos (EC, MF, CF e DF), indicando a possibilidade de seleção de progênies superiores nessas características.

Os altos valores de correlação entre CF x MF (média de $r = 0,93$), também foram observados por Linhares (2007) em seu estudo com genótipos superiores de maracujazeiro azedo no segundo ano de produção. Segundo Pimentel (2008), o segundo ciclo de produção (oito meses) expressa maiores correlações do que o primeiro ciclo (sete meses), portanto, a seleção no segundo ciclo foi mais apropriada. O autor afirma que a desuniformidade no desenvolvimento inicial das plantas em condições de campo pode intervir na produtividade no primeiro ciclo, porém, no segundo ciclo, estas desigualdades tendem a reduzir, devido ao fato das plantas já possuírem raízes bem desenvolvidas, estando menos suscetível a variações do ambiente e também já possuírem estrutura vegetativa completamente formada, sendo assim, aquelas com maior potencial genético tendem a expressar sua superioridade.

No que diz respeito ao diâmetro de frutos (DF) correlacionados com a massa do fruto (MF) e comprimento de fruto (CF) tais resultados foram corroborados com Negreiros et al (2007) que verificaram correlações significativas entre estas mesmas variáveis. Os autores afirmam que a seleção de maracujás com maior diâmetro permite a obtenção de frutos mais pesados e com maior rendimento de polpa, visto que o diâmetro apresentou maior efeito direto sobre o rendimento e massa da polpa.

As elevadas correlações encontradas entre as características MP x MF e MP x DF para todos os ciclos avaliados, também foram observadas por Greco et al. (2014), ao avaliarem 32 genótipos de maracujazeiro azedo no Distrito Federal.

CONCLUSÕES

O primeiro ciclo de produção poderá ser utilizado na seleção de indivíduos superiores pelo melhorista, por apresentar variação genética e herdabilidade superiores para a maioria das características em relação aos dois ciclos seguintes. Com isso, pode-se reduzir o tempo de avaliação dos híbridos em campo, tornando o programa de melhoramento mais rápido e menos oneroso.

Os híbridos avaliados são provenientes de ciclos de seleções anteriores, mesmo nessas condições ainda existe variabilidade genética nos genótipos avaliados, refletida pela alta herdabilidade para a maioria dos caracteres, possibilitando assim ganhos futuros com a seleção.

As correlações entre os caracteres alteraram em função do ciclo de avaliação. No entanto, os caracteres MF x (CF, DF, MC e MP); CF x (DF, MC e MP) e NF x PR foram mais estáveis quanto a consistência das correlações significativas nos diferentes ciclos de avaliação. As correlações entre esses caracteres possibilitarão ganhos indiretos no melhoramento do maracujazeiro.

A EC só apresentou correlações positivas e significativas no terceiro ciclo para grande parte dos caracteres (88%), enquanto o RE e NF na maioria dos caracteres apresentaram correlações a partir do segundo ciclo de avaliação. Desta forma, o melhorista deve ficar atento a melhor época de seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 2004. 141p.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; SOUZA, A. P.; CORRÊA R. X. A history of passion fruit woodiness disease with emphasis on the current situation in Brazil and prospects for Brazilian passion fruit cultivation. **European Journal of Plant Pathology**, v. 139, p. 261-270, 2014.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v.1. 480p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F. **Introduction to quantitative genetics**.4.ed. Londres: Longman Group, 1996. 464p.

FREITAS, J. C.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. L.; AMARAL, J, A. T.; SOUZA, M. M.; DIAS, V. M. Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. **Euphytica**, v. 208, p. 493-507, 2016.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; REIS, L. S. dos; BEZERRA NETO, F. V.AMARAL JÚNIOR, A. T. do; REIS, L. S. dos. Correlações fenotípicas e genético-aditivas em maracujá-amarelo pelo delineamento I. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1413-1418, 2008.

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, p. 360-370, 2014.

INMET (2015). Rede de Estações Climatológicas. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/index.>> Acesso em: 12 agosto 2015.

LINHALES, H. **Seleção em famílias de irmãos completos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no segundo ano de produção**. 2007. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG. 2007.

MARTINS, M. R.; OLIVEIRA, J. C.; MAURO, A.O.; SILVA, P.C. Avaliação de populações de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) obtidas de polinização aberta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 111-114, 2003.

MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B. O.; PETEK, M. R.; GALLO, P. B.; GASPARI-PEZZOPANE, C. Estimativas de correlações genóticas e fenotípicas entre caracteres de café arábica. Trabalho apresentado no Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (5.: 2007 : Águas de Lindóia, SP). **Anais**. Brasília, D.F. :Embrapa Café, 2007.

MORAES, M. C. de; GERALDI, I. O.; MATTA, F. de P. VIEIRA, M. L. C. Genetic and phenotypic parameter estimates for yield and fruit quality traits from a single wide cross in yellow passion fruit. **HortScience**, v. 40, p. 1978-1981, 2005.

NEGREIROS, J. R. S.; ÁLVARES, V. S.; BRUCKNER, C. H.; MORGADO, M. A. D. CRUZ, C. D. Relação entre características físicas e o rendimento de polpa de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 546-549, 2007.

NEVES, C.G.; JESUS, O.N.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, E.J. Avaliação Agronômica de parentais e Híbridos de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, p.191-198, 2013.

OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, V. S. LIMA, D. S.; MACHADO, M. D.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; CASTELLEN, M. S. Seleção em progênies de maracujazeiro amarelo com base em índices multivariados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1543-1549, 2008.

OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, V. S.; LIMA, D. S.; MACHADO, M. D.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N. Estimativas de correlações genóticas e fenotípicas em germoplasma de maracujazeiro. **Bragantia**, v. 70, p. 255-261, 2011.

PIMENTEL, L. D; STENZEL, N. M. C.;CRUZ, C. D.; BRUCKNER, C. H. Seleção precoce de maracujazeiro pelo uso de correlação entre dados de produção mensal e anual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1303-1309, 2008.

ROCHA, M. R. **Estratégias de seleção no melhoramento genético do maracujazeiro azedo**. 2014. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2014.

SILVA, M. G. M.; VIANA, A. P. AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; REIS, R. V. Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, p. 493-499, 2012.

SILVA, M. G. de M.; VIANA, A. P. GONÇALVES, G. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; PEREIRA, M. G. Seleção recorrente intrapopulacional no maracujazeiro amarelo: alternativa de capitalização de ganhos genéticos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 170-176, 2009.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M.; MALDONADO, J. F .M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Simple and canonic correlation between agronomical and fruit quality traits in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.133-140, 2003.

ARTIGO 2

RESPOSTAS BIOMÉTRICAS, FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS DE *Passiflora* spp. À DEFICIÊNCIA HÍDRICA CONTROLADA¹.

¹ Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico: Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas de *Passiflora* spp. à deficiência hídrica controlada

Resumo: As espécies de maracujá (*Passiflora* spp.) são cultivadas comercialmente para fins alimentares, medicinais e ornamentais especialmente em regiões tropicais do planeta sujeitas à intensa deficiência hídrica sazonal. Este trabalho avaliou respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas de *P. edulis*, *P. gibertii*, *P. cincinnata*, *P. alata* e *P. setacea* à deficiência hídrica controlada. Plantas com cinco meses de idade foram submetidas à suspensão da irrigação até o completo fechamento estomático. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 (espécie x deficiência hídrica), com dez tratamentos, seis repetições e uma planta na parcela. Todas as espécies avaliadas foram sensíveis à deficiência hídrica, com redução de 50 a 75% no crescimento vegetativo. *P. gibertii* e *P. edulis* apresentaram crescimento vigoroso e rápido fechamento e abertura estomática em resposta à umidade do solo, sendo o primeiro mais eficiente em extrair a água do substrato mesmo a menor umidade. Os efeitos da deficiência hídrica foram postergados em *P. setacea* e *P. cincinnata*, que apresentaram menor área foliar e condutância estomática mesmo sob irrigação, notadamente em *P. setacea*. *P. alata* apresentou com grande área foliar, mas baixa condutância estomática e redução do sistema radicular mediante a suspensão da irrigação. As análises anatômicas permitiu a identificação de estruturas celulares relacionadas aos mecanismos de defesa da planta em condições de baixa disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: *Passiflora* spp., análise histológica, condutância estomática, crescimento vegetal, estresse hídrico.

**Biometric, physiological, and anatomical responses of *Passiflora* spp.
to regulated water stress**

Abstract: Passion fruit species (*Passiflora* spp.) are commercially cultivated for food, medicinal and ornamental purposes especially in tropical regions of the world that are characterized by the severe seasonal water stress. Drought-tolerant species allow the use of more efficient irrigation practices and also facilitate the management of diseases that are influenced by the soil moisture, such as fusariosis. In this work, biometric, physiological and anatomical responses of *P. edulis*, *P. gibertii*, *P. cincinnata*, *P. alata* and *P. setacea* were evaluated under regulated water deficiency. Five months-old seedlings were submitted to the irrigation interruption in pots up to the complete stomatal closure. All evaluated species were sensitive to regulated water stress, with a reduction of 50 to 75% in the plant growth, even though presented different mechanisms of drought tolerance. *P. gibertii* and *P. edulis* had vigorous vegetative growth and fast stomatal responses to the substrate moisture, and the first species was more efficient in extracting water, even under lower moisture, with root growth under these conditions. Water stress effects were delayed on *P. setacea* and *P. cincinnata*, which had lower leaf area and stomatal conductance under irrigation, especially *P. setacea*. *P. alata* presented typical traits that are associated with shaded rain forests, such as wide leaf area, low stomatal conductance and decrease in root dry mass due to irrigation suspension. The methodology used in this work was efficient to select species for drought tolerance that are potentially useful in the breeding programs of passion fruit.

Keywords: *Passiflora* spp., drought stress, histological analysis, plant growth, stomatal conductance.

INTRODUÇÃO

Diversas espécies de *Passiflora* são cultivadas em regiões tropicais e subtropicais do mundo, destacando-se *P. edulis* Sims (maracujazeiro amarelo, azedo ou roxo) como a mais utilizada para fins de processamento e consumo in natura no mercado internacional (Ocampo et al., 2016). Há outras espécies com uso local, muitas vezes com caráter medicinal e ornamental, a exemplo de *P. alata* Curtis, *P. gibertii* N.E.Br., *P. cincinnata* Mast. e *P. setácea* DC. (Soares et al., 2015; Siebra et al., 2016; Figueiredo et al., 2016).

O Brasil é o maior produtor e consumidor de maracujá azedo, produzindo em 2014, 823.284 toneladas em 56.825 mil hectares, dos quais 74% na região Nordeste (IBGE, 2016). O cultivo ocorre principalmente sob clima semiárido tropical, caracterizado por temperatura média anual do ar de aproximadamente 25°C, fotoperíodo constante próximo de 11 horas e precipitação pluviométrica de 400 a 1000 mm (Cunha et al., 2004). Tais condições são favoráveis ao desenvolvimento fisiológico da espécie (Nakasone & Paull, 1998; Costa et al., 2008), exceto pela baixa pluviometria, exigindo que a irrigação seja praticada na maior parte da área.

Diversos autores vêm relatando os efeitos da deficiência hídrica controlada sobre a fisiologia de espécies cultivadas (Bauer et al., 2013; Doi et al., 2015; Hamed et al., 2016). O estresse hídrico provoca desidratação da planta, fechamento estomático, limitação das trocas gasosas, inibição do metabolismo e do aparato fotossintético e conseqüentemente a morte da planta (Campbell et al., 2010). Em resposta as condições ambientais extremas, as plantas têm desenvolvidos inúmeros sistemas adaptativos, incluindo processos metabólicos, celulares e fisiológicos que funcionam como os principais mecanismos de defesa contra o estresse hídrico, garantindo assim a aclimatação e sobrevivência das mesmas (Chaves et al., 2009; Zaharah e Razi, 2009; Hamed et al., 2016; Li et al., 2016). No entanto, para maracujazeiro há poucos estudos acerca das respostas fisiológicas de diferentes espécies à deficiência hídrica, a despeito de seu cultivo

e mesmo da origem de muitas espécies estarem associados a ambientes sujeitos a restrições hídricas sazonais (Menzel et al., 1986; Gomes et al., 2012).

Em *P. edulis*, o déficit hídrico prolongado pode ocasionar paralisação do crescimento vegetativo, florescimento tardio, abscisão de folhas, flores e frutos, comprometendo, assim, a produtividade e a qualidade de frutos (Menzel et al., 1986; Costa et al., 2008). Alterações anatômicas dos tecidos foliares são importantes indicadores da adaptação das espécies à baixa disponibilidade hídrica e estão envolvidas na proteção das plantas contra a perda de água para o ambiente, como exemplo, modificações na espessura do mesófilo, na espessura da epiderme, na densidade e tamanho de estômatos entre outras (Vasellati et al., 2001; Makbul et al., 2011). No maracujazeiro, existe escassez de informações sobre as modificações anatômicas foliares submetidas à condição de deficiência hídrica.

Além dos efeitos sobre o desempenho agrônômico do maracujazeiro azedo, a disponibilidade de água na zona radicular influencia na ocorrência de doenças de solo, como fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*) e podridão-de-raízes (*Phytophthora* spp.), que causam sérios danos à cultura (Viana et al., 2003). A elevada susceptibilidade de *P. edulis* a essas doenças pode ser contornada pela sua enxertia em espécies mais tolerantes, a exemplo de *P. alata*, *P. cincinnata* Mast., *P. gibertii* N. E. Br. e *P. setaceae* DC. (Roncatto et al., 2004). Portanto, estudos sobre a reação de diferentes espécies de maracujazeiro à deficiência hídrica podem contribuir para a compreensão sobre os mecanismos de tolerância à seca nesse gênero, visando à seleção de materiais com maior eficiência no uso da água, seja para aplicações no melhoramento genético, seja para reduzir a necessidade de água no manejo da cultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas de cinco espécies de maracujazeiro à deficiência hídrica controlada, buscando identificar e elucidar alguns mecanismos de tolerância à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de realização do projeto

O experimento foi conduzido de maio de 2015 a janeiro de 2016, em casa-de-vegetação com telado lateral antiafídeos e cobertura plástica transparente de 150 μm , no município de Cruz das Almas, Bahia, Brasil (12^o40' S, 39^o06' W, 226 m). Variáveis meteorológicas foram monitoradas durante o período de avaliação utilizando estação automática instalada dentro da casa-de-vegetação (Figura 1).

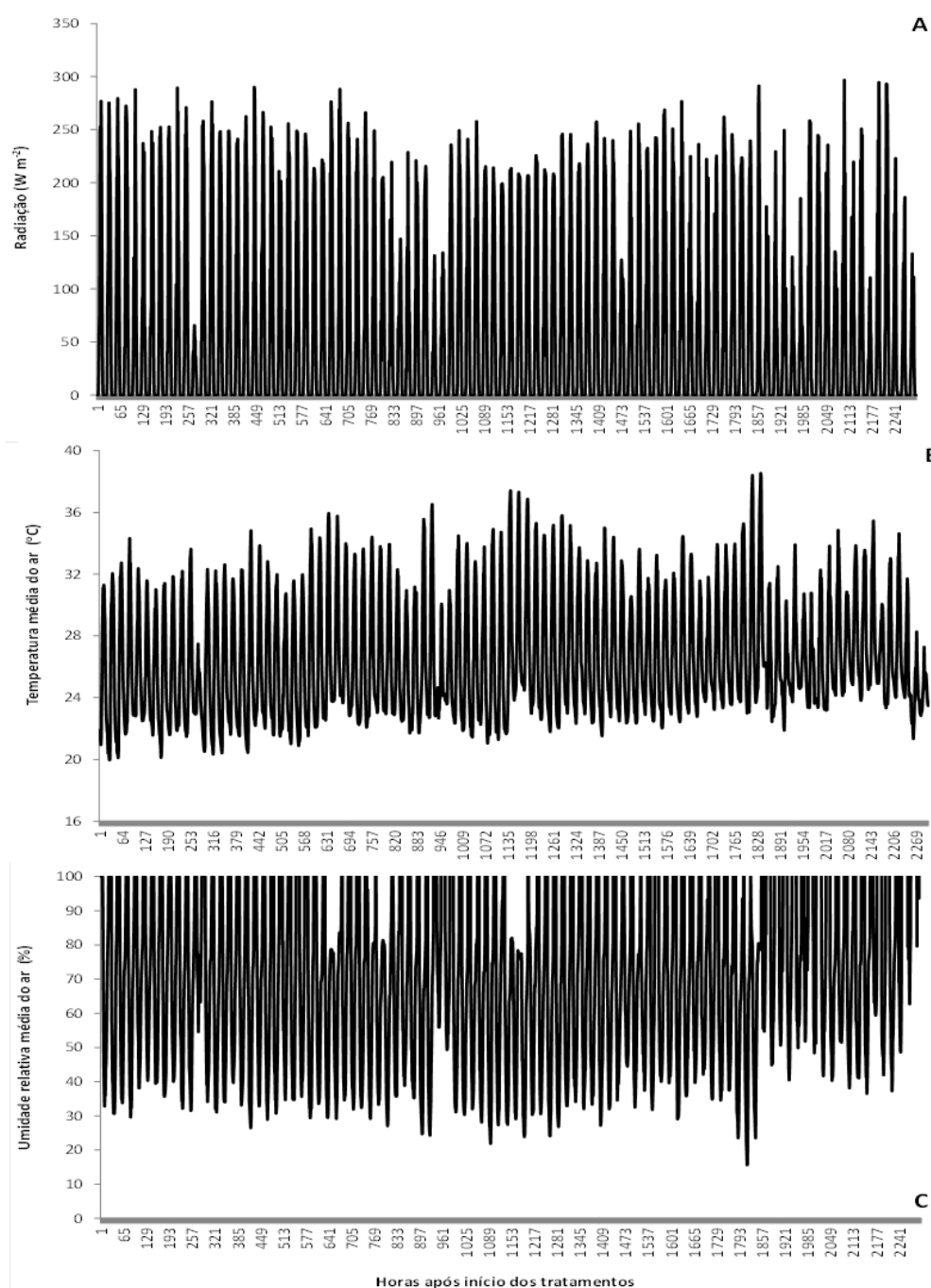


Figura 1. Radiação (A), temperatura média do ar (B) e umidade relativa do ar (C) no interior da casa de vegetação, em termos horários, durante o período de avaliação de cinco espécies de maracujazeiro sob deficiência hídrica controlada até o fechamento estomático.

Material vegetal e condições de crescimento

Avaliaram-se cinco espécies de maracujazeiro, *Passiflora alata* (BGP 393), *P. edulis* (BGP 330), *P. gibertii* (BGP 008), *P. setacea* (BGP 238) e *P. cincinnata* (BGP 077), correspondentes a acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura na mesma localidade. Sementes recém-coletadas foram semeadas em tubos plásticos de construção com 1 m de altura e 0,15 m de diâmetro, completamente preenchidos com substrato a base de terra: areia 2:1 (v:v). Os atributos físicos e químicos do substrato foram: areia 397,5, silte 91,50 e argila 111,0 g kg⁻¹; pH (água) 5,9; P 113 mg dm⁻³; K 0,36; Ca 2,80; Mg 1,24; Ca + Mg 4,04; Na 0,30; H + Al 1,43; SB 4,70; CTC 6,13 cmol_cdm⁻³; V 77,0 %; M.O. 23,0 g kg⁻¹. Os tubos com capacidade de 20 L foram instalados em pé e apresentavam fundo aberto para drenagem, coberto por uma camada de tela antiáfideos e preenchidos com brita fina para sustentação e espaçados de 1m entre si.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 (espécie x deficiência hídrica), com dez tratamentos, seis repetições e uma planta na parcela.

Seis meses após a semeadura, efetuou-se raleio das plantas em excesso, mantendo-se uma planta por tubo, sendo em seguida podada com tesoura à altura de 30 cm para uniformizar o tamanho entre as espécies, e os tratamentos de deficiência hídrica foram iniciados. As plantas cresceram em haste única, mantendo-se o broto do ápice e se eliminando as demais laterais sempre que necessário, e tutoradas sobre um suporte de madeira de 1,20 m de altura. Duas condições hídricas foram avaliadas: (i) irrigação manual diária com lâmina

correspondente umidade do solo, (ii) suspensão da irrigação até o fechamento estomático e a murcha aparente de toda a planta.

A reidratação até a capacidade de campo foi realizada quando 2/3 das plantas de cada espécie atingiam murcha aparente com fechamento estomático confirmado por duas leituras sucessivas com porômetro. Desta forma, o período total de avaliação variou com a espécie. O experimento foi repetido duas vezes com as mesmas plantas, podadas ao final do primeiro ciclo de avaliação e após trinta dias do final do primeiro ciclo, iniciaram-se as avaliações do segundo ciclo seguindo os mesmos procedimentos e condições.

Os tubos foram cobertos com papel alumínio, a fim de evitar a evaporação, de modo que apenas a copa das plantas permaneceu descoberta. A umidade do substrato foi monitorada a cada dois dias por meio da técnica de reflectometria de domínio no tempo, utilizando-se sondas do tipo TDR de 10 cm de comprimento, instaladas a 20 e 40 cm de profundidade, na seção equatorial do tubo em cada parcela, calibradas conforme Coelho et al. (2006). No início dos tratamentos, ou seja, no dia 0 quando a irrigação foi suspensa, a umidade do substrato em todos os vasos encontravam-se na capacidade de campo. A capacidade de campo foi mantida pela reposição diária de água nos tratamentos controle.

Variáveis biométricas

As variáveis biométricas avaliadas foram número de folhas e altura de planta, medida semanalmente com auxílio de uma trena, no início dos tratamentos até a murcha aparente, e área foliar por limbo, medida com o auxílio do software Assess, coletando-se uma folha a cada cinco folhas do ramo, por parcela no dia da reidratação. Calculou-se o índice de velocidade de crescimento (IVC), adaptado de Maguire (1962), por $IVC = [D1/N1 + D2/N2 + \dots + Dn/Nn] Nn$, em que D1, D2 e Dn são a altura das plantas na primeira, na segunda e na última avaliação, e N1, N2 e Nn são o número de dias decorridos a partir da primeira, da segunda e da última avaliação. Estimou-se a área foliar total por planta, multiplicando-se a área média do limbo pelo número de folhas por planta.

Ao final do primeiro ciclo de secamento, as plantas foram podadas novamente a 30 cm de altura e se determinou a massa de matéria seca de folhas e ramos, após secagem ar 65° C por 72 h, em balança analítica. Ao final do segundo ciclo, as plantas inteiras foram removidas cuidadosamente dos tubos, sendo avaliados o comprimento da maior raiz com régua (\cong profundidade do sistema radicular) e a massa de matéria seca de folhas, ramos e do sistema radicular, conforme descrito anteriormente.

Variável Fisiológica

A variável fisiológica avaliada foi à condutância estomática (g_s), mensurada com porômetro modelo AP4 (Delta T Devices, Cambridge, UK), no período da manhã (07h30min - 09h30min), em folhas totalmente expandidas e fisiologicamente maduras, entre o terceiro e o quinto internódio abaixo do ápice da planta. Avaliou-se uma folha por planta, em diferentes intervalos de dias, desde o início dos tratamentos até a murcha aparente e completo fechamento estomático, e no primeiro e no segundo dia após a reidratação. Os resultados de condutância foram apresentados em função do período de avaliação e também em função da umidade do solo. Realizou-se ainda avaliação da condutância estomática média nos períodos inicial, intermediário e final da deficiência hídrica, correspondentes a cada terço do período de avaliação total, em ordem cronológica, por espécie.

Estudo anatômico

Para o estudo anatômico, segmentos foliares ($n = 3$) provenientes de cada amostra (controle e deficiência hídrica, no ponto de murcha aparente de cada espécie) foram fixados em solução de FAA 70 % por 48 h e em seguida conservados em etanol 70%, conforme Johansen (1940). Após esse período, os segmentos foliares foram desidratados em série etílica crescente (85-100%) por 9 h, infiltradas lentamente em historesina: etanol na proporção 1:2, e 1:1 por 72 h cada, e por último em historesina pura permanecendo por uma semana.

As amostras foram emblocadas e a polimerização ocorreu em temperatura ambiente por 48 h. Cortes histológicos seriados (5 μm) foram obtidos em micrótomo rotativo Leica RM 2155 (Leica, Nussloch, Alemanha), dispostos em lâminas histológicas e corados com fucsina ácida (0,1% p/v), seguido de azul de toluidina (0,05% p/v) (Feder e O'Brien, 1968). Os cortes histológicos foram analisados e fotografados em fotomicroscópio Olympus BX51 acoplado com câmera digital Olympus DP175 (Olympus, Tokyo, Japan).

As imagens obtidas foram utilizadas para as medições das espessuras dos tecidos, nas seções transversais da lâmina foliar (espessura da epiderme adaxial e abaxial, espessura do parênquima paliádico e esponjoso e a espessura total do limbo) por meio do programa de imagens ImageJ 1.46r (Rasband, 2012). Para cada caractere, utilizaram-se dez cortes de cada uma das folhas, totalizando assim uma amostra de 30 unidades.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para a análise quantitativa dos caracteres anatômicos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

O índice de velocidade de crescimento das espécies foi similar, exceto pelo crescimento mais rápido de *P. setácea* em relação a *P. alata* (Tabela 1). No entanto, *P. alata* e *P. edulis* apresentaram tanto maior área foliar total por planta como maiores folhas individuais, e *P. alata* apresentou mais folhas por planta do que *P. gibertii*. Em geral, a suspensão da irrigação reduziu a área foliar, área do limbo foliar e número de folhas por planta pela metade, sendo fator de expressiva limitação ao crescimento, cuja velocidade em termos de altura foi reduzida em 25% em média (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de velocidade de crescimento (IVC), área foliar (AF), área do limbo foliar (ALF) e número de folhas por planta (NFP) de cinco espécies de maracujazeiro submetidas à deficiência hídrica controlada em recipientes até o fechamento estomático e murcha aparente (n = 6).

| Espécie (E) | IVC | AF (cm ² planta ⁻¹) | ALF (cm ² folha ⁻¹) | NFP |
|---|--------------------|---|---|---------|
| <i>P. alata</i> (0 a 84 dias) ¹ | 0,36 b | 3294 a | 85 a | 40 a |
| <i>P. cincinnata</i> (0 a 47 dias) | 0,48 ab | 1165 b | 32 b | 29 ab |
| <i>P. edulis</i> (0 a 30 dias) | 0,46 ab | 1993 a | 68 a | 22 ab |
| <i>P. gibertii</i> (0 a 24 dias) | 0,39 ab | 759 b | 21 b | 18 b |
| <i>P. setacea</i> (0 a 84 dias) | 0,54 a | 430 b | 28 b | 25 ab |
| Deficiência hídrica (D) | | | | |
| Irigado | 0,51 a | 2527 a | 62 a | 36 a |
| Sequeiro | 0,39 b | 555 b | 32 b | 17 b |
| CV (%) | 4,83 | 28,54 | 15,48 | 13,59 |
| Análise de Variância | | | | |
| Fatores | | | | |
| Espécie (E) | 3,16* | 20,74** | 45,05** | 11,45** |
| Deficiência hídrica (D) | 10,62** | 85,36** | 66,26** | 87,59** |
| D x E | 0,57 ^{ns} | 4,40** | 0,83 ^{ns} | 5,18** |

¹Intervalo de dias sob deficiência hídrica até fechamento estomático e murcha aparente da espécie. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). * significativo a 5%; ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F.

A altura final das plantas, sob irrigação, foi semelhante na faixa de 1,5 a 2,0 m (Figura 2). A deficiência hídrica reduziu o crescimento, em aproximadamente 75% para *P. alata* e 50% para as demais espécies. Contudo, o período para murchamento e completo fechamento estomático foi rápido para *P. edulis* e *P. gibertii*, intermediário para *P. cincinnata* e três vezes mais tardio para *P. setacea* e *P. alata*, em relação às duas primeiras espécies. Dessa forma, aquelas espécies apresentaram crescimento muito vigoroso em menor período, corroborando para IVC semelhantes e até inferior no caso de *P. alata* (Tabela 1).

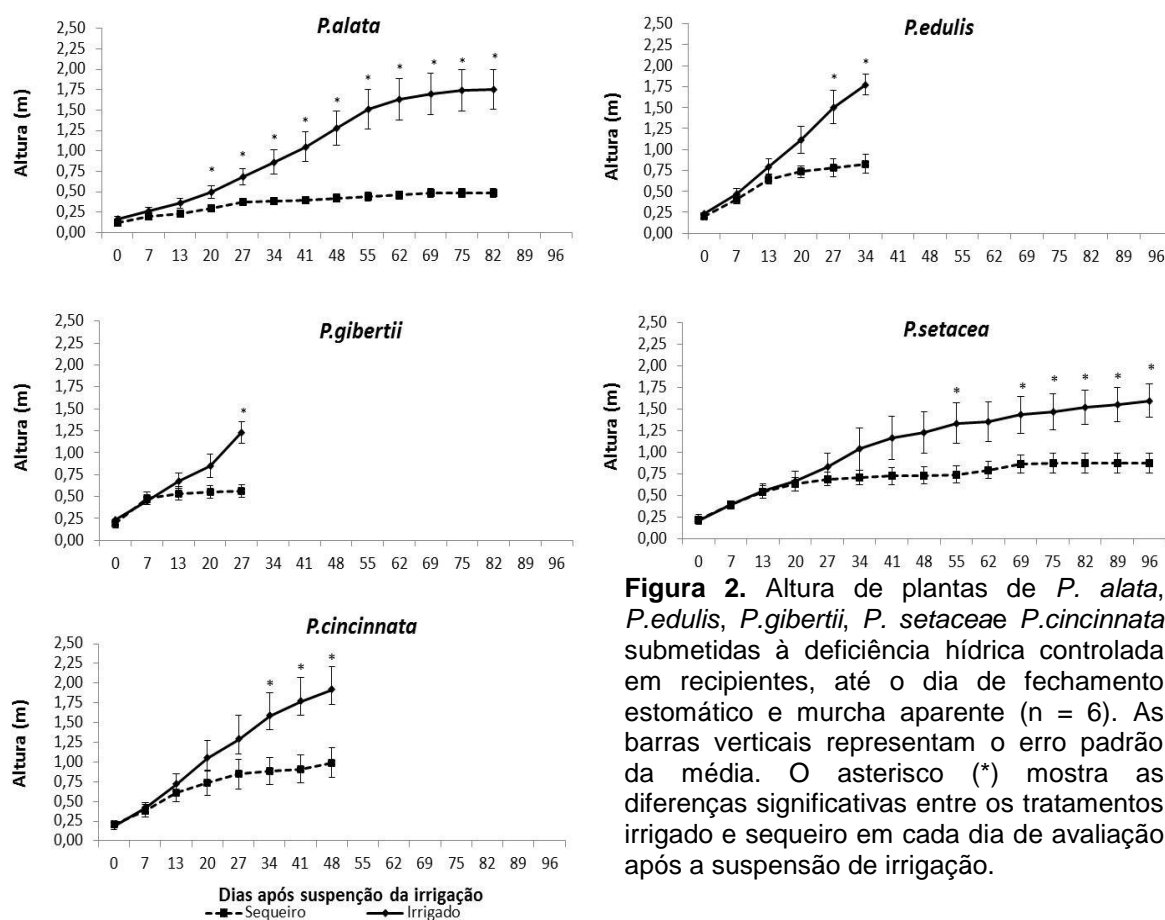


Figura 2. Altura de plantas de *P. alata*, *P. edulis*, *P. gibertii*, *P. setacea*, *P. cincinnata* submetidas à deficiência hídrica controlada em recipientes, até o dia de fechamento estomático e murcha aparente ($n = 6$). As barras verticais representam o erro padrão da média. O asterisco (*) mostra as diferenças significativas entre os tratamentos irrigado e sequeiro em cada dia de avaliação após a suspensão de irrigação.

A deficiência hídrica reduziu a altura das plantas após 20 a 34 dias sob estresse, e após 60 dias para *P. setacea* (Figura 2), sugerindo que essa espécie apresenta menor transpiração e extração de água do substrato. O crescimento sob sequeiro praticamente cessou a partir desses períodos, enquanto as plantas irrigadas mantiveram crescimento.

Sob irrigação, *P. alata* e *P. edulis* acumularam maior massa seca de folhas e ramos, seguidas de *P. setacea* e *P. cincinnata*, por sua vez superiores a *P. gibertii* (Figura 3). *P. alata* apresentou a maior massa seca de sistema radicular, e *P. gibertii* e *P. cincinnata* as menores. Apenas para *P. gibertii* não houve diferença de massa seca de parte aérea entre as condições de irrigação. Para as demais espécies, a massa seca foi de 2 a 4 vezes maior quando irrigadas. O sistema radicular de *P. alata* foi o único reduzido pela deficiência hídrica, em cerca de 60% da biomassa seca. Por outro lado, apesar de equivalente ao controle, em *P.*

edulis e *P. gibertii* há uma tendência de aumento da massa seca de raiz após a deficiência hídrica.

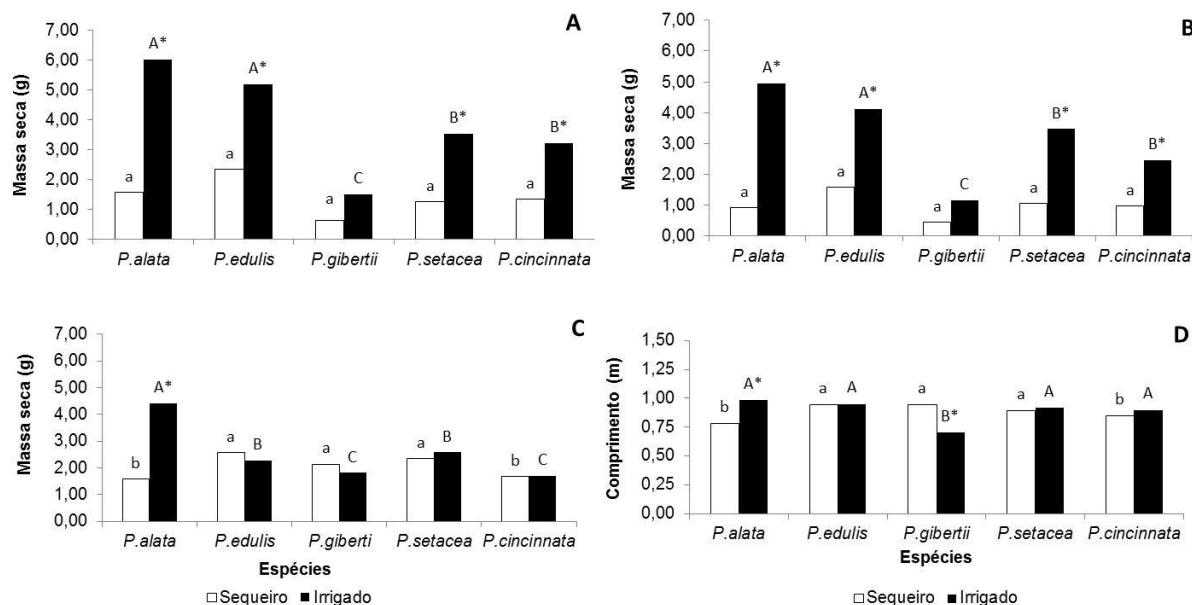


Figura 3. Massa seca de folhas (A), ramos (B), de raízes (C) e comprimento do sistema radicular (D) de plantas de cinco espécies de maracujazeiro submetidas à deficiência hídrica controlada em recipientes, no dia da murcha aparente e completo fechamento estomático ($n = 6$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula e letra maiúscula não diferem entre si, respectivamente entre espécies mantidas sob sequeiro e irrigação, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O asterisco (*) indica diferença estatística entre as condições de sequeiro e irrigado para uma mesma espécie.

Quanto ao comprimento do sistema radicular, foi semelhante entre as espécies (Figura 3), provavelmente em função da limitação pelo vaso (1,0 m de comprimento). O comprimento não foi influenciado pela condição hídrica em *P. edulis*, *P. setacea*, *P. cincinnata*, *P. alata* apresentou menor comprimento de raiz sob sequeiro, refletindo a menor massa seca de raiz, ao contrário de *P. gibertii* que apresentou menor comprimento quando irrigado.

Ao final das avaliações, a umidade do substrato foi similar para todas as espécies mantidas sob deficiência hídrica, em torno de $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$,

independentemente da profundidade, indicando que todas as espécies extraíram água no volume de substrato disponível (Figura 4). Na condição irrigada, em geral a umidade se manteve na faixa de 0,23 a 0,26 m³ m⁻³ tanto a 20 quanto a 40 cm de profundidade, indicando que a irrigação aplicada foi suficiente para a reposição diária da água consumida pelas plantas.

No entanto, em tubos cultivados com *P. edulis* e *P. gibertii*, observa-se umidade média inferior a 40 cm, possivelmente porque essas espécies exploraram água mais profundamente e a reposição diária foi insuficiente para restaurar água em todo o perfil do substrato. Por outro lado, em vasos sob estresse cultivados com *P. setacea*, verificou-se maior umidade média do substrato a 40 cm, sugerindo que essa espécie extraiu menos água em profundidade pela sua menor transpiração, o que corrobora para o maior período observado até murcha aparente (Figura 2).

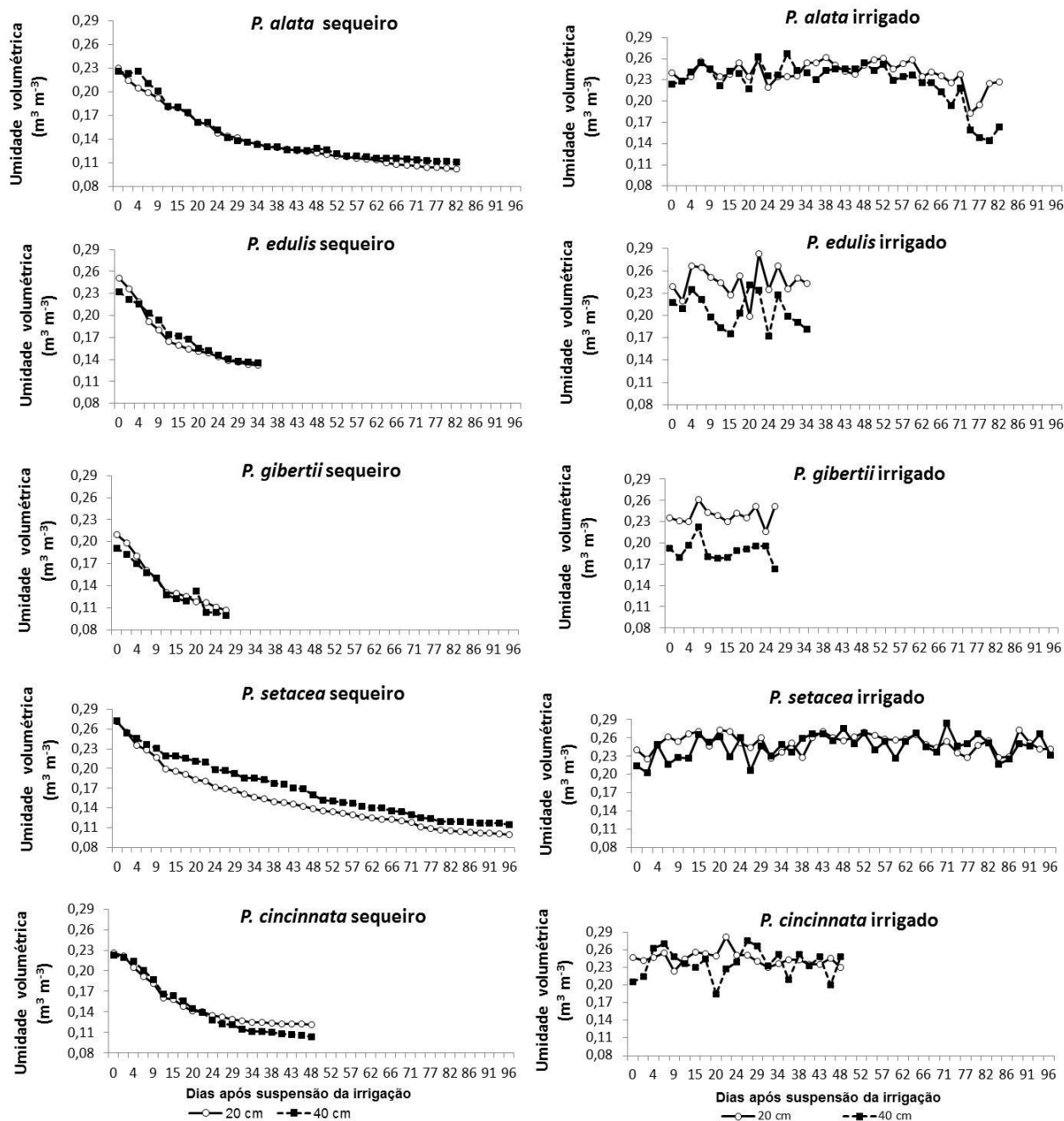


Figura 4. Umidade volumétrica a cada dois dias do substrato a 20 e 40 cm de profundidade em plantas de *P. alata*, *P. edulis*, *P. gibertii*, *P. setacea*, *P. cincinnata* submetidas à deficiência hídrica controlada (direita) e à irrigação diária (esquerda) em recipientes, até o dia de fechamento estomático e murcha aparente (n = 6).

No período inicial após a suspensão da irrigação, apenas *P. gibertii* manifestou redução da condutância estomática, indicando resposta muito rápida à deficiência hídrica (Tabela 2). Na fase intermediária, *P. gibertii* e *P. edulis* diferiram entre sequeiro e irrigado. Na fase final, todas as espécies apresentaram fechamento estomático perante ao respectivo controle. Na reidratação, as espécies que demonstram recuperação mais rápida da condutância estomática foram *P. alata*, *P. edulis* e *P. gibertii*. Isso indica mecanismos de adaptação à seca, sendo que cada espécie tem a sua estratégia de sobrevivência.

Entre as espécies, *P. gibertii* apresentou maiores taxas de condutância sob irrigação, com *P. edulis* em seguida (Tabela 2; Figura 5). Sob sequeiro, as espécies se equivaleram a partir da fase intermediária, indicando que todas fecharam os estômatos em função da deficiência hídrica. *P. alata*, *P. cincinnata* e *P. setacea* apresentaram as menores taxas de condutância, em geral, e, conseqüentemente, menor transpiração, o que provavelmente justifica o seu murchamento mais lento.

Tabela 2. Condutância estomática de cinco espécies de maracujazeiro em diferentes fases da deficiência hídrica (inicial, intermediária e murcha aparente) e a um (DAR1) e dois (DAR2) dias após a reidratação em condições controladas (n=6).

| Espécie (E) | Inicial | | Intermediária | | Murcha aparente | | DAR1 | DAR2 |
|----------------------|---|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|--------------------|--------------------|
| | Irrig. | Seq. | Irrig. | Seq. | Irrig. | Seq. | | |
| | -----mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹ ----- | | | | | | | |
| <i>P. alata</i> | 1,29 bA (0 a 30 dias) ¹ | 0,79 aA | 0,58 bA (36 a 57 dias) | 0,30 aA | 0,46 aA (61 a 85 dias) | 0,08 aB | 0,52 a | 0,67 a |
| <i>P. cincinnata</i> | 0,68 bA (0 a 13 dias) | 0,51 bA | 0,34 cA (23 a 41 dias) | 0,10 aA | 0,17 bA (46 a 57 dias) | 0,03 aA | 0,19 b | 0,29 c |
| <i>P. edulis</i> | 1,03 bA (0 a 09 dias) | 0,84 aA | 0,76 bA (13 a 30 dias) | 0,18 aB | 0,39 aA (36 a 50 dias) | 0,04 aB | 0,40 a | 0,57 a |
| <i>P. gibertii</i> | 2,97 aA (0 a 09 dias) | 1,23 aB | 1,27 aA (13 a 30 dias) | 0,30 aB | 0,55 aA (36 a 54 dias) | 0,02 aB | 0,34 a | 0,42 b |
| <i>P. setacea</i> | 0,52 bA (0 a 36 dias) | 0,34 bA | 0,27 cA (41 a 67 dias) | 0,15 aA | 0,23 bA (71 a 99 dias) | 0,05 aA | 0,10 b | 0,13 c |
| CV (%) | 23,2 | | 19,4 | | 36,3 | | 23,9 | 21,5 |
| Análise de Variância | | | | | | | | |
| Fatores | | | | | | | | |
| Espécie (E) | 11,2* | | 7,81* | | 5,92* | | 3,93* | 5,97* |
| Estresse (D) | 7,41* | | 21,1* | | 6,92** | | 0,68 ^{ns} | 0,77 ^{ns} |
| D x E | 1,49 ^{ns} | | 1,96 ^{ns} | | 0,30 ^{ns} | | 0,16 ^{ns} | 0,13 ^{ns} |

¹Intervalo de dias sob deficiência hídrica em cada fase e espécie. Irrig: Irrigado; Seq: Sequeiro. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). * significativo a 5%; ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F.

Após quatro dias sob deficiência hídrica, os maracujazeiros apresentaram redução de sua condutância estomática em relação ao controle, exceto para *P. cincinnata* que apresentou redução após 14 dias sob estresse (Figura 5). Assim, houve rápida resposta de fechamento estomático para conservar água em geral.

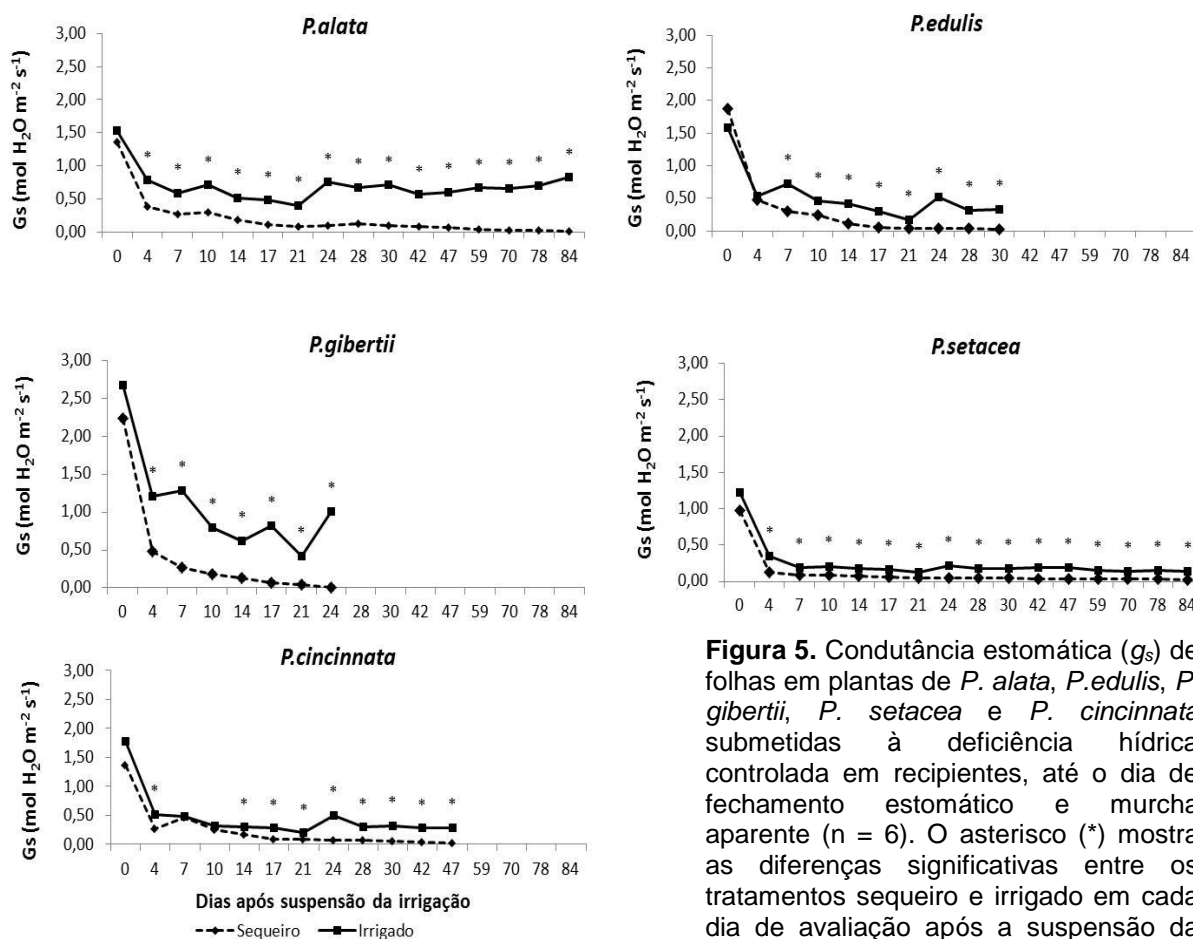


Figura 5. Condutância estomática (g_s) de folhas em plantas de *P. alata*, *P. edulis*, *P. gibertii*, *P. setacea* e *P. cincinnata* submetidas à deficiência hídrica controlada em recipientes, até o dia de fechamento estomático e murcha aparente ($n = 6$). O asterisco (*) mostra as diferenças significativas entre os tratamentos sequeiro e irrigado em cada dia de avaliação após a suspensão da irrigação.

As condições climáticas foram relativamente estáveis no período de avaliação e favoráveis ao crescimento vegetativo de maracujazeiro, com irradiação acima de 200 W m^{-2} , temperatura média do ar de $26,6 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar média de 70,5%.

Quando a umidade do substrato atingiu $0,24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, ocorreu uma rápida redução na condutância estomática de *P. setacea* (Figura 6). Por outro lado, *P. gibertii* e *P. alata* só fecharam os estômatos quando a umidade do substrato diminuiu a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. *P. edulis* manteve maior condutância do que *P. setacea* sob deficiência hídrica, semelhante a *P. cincinnata* e *P. alata*, mas inferior a *P. gibertii* numa mesma faixa de umidade do substrato.

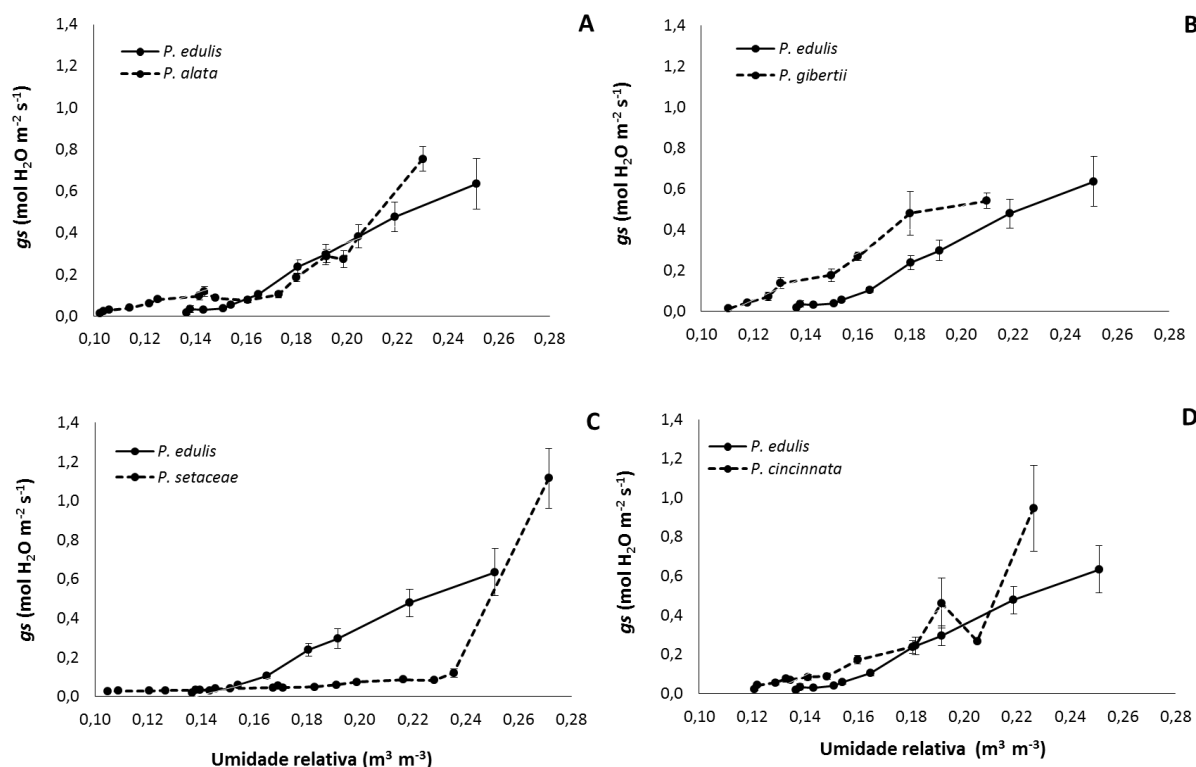


Figura 6. Condutância estomática (g_s) vers. umidade relativa do substrato a 20 cm de profundidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) de plantas de *P. alata* (A), *P. gibertii* (B), *P. setacea* (C) e *P. cincinnata* (D), em comparação à espécie *P. edulis*, submetidas à deficiência hídrica controlada em recipientes, até o dia de fechamento estomático e murcha aparente ($n = 6$). As barras verticais representam o erro padrão da média para cada dia de avaliação.

Para os caracteres anatômicos da região internervural da folha, observou-se efeito significativo para a maioria dos caracteres estudados ($p \leq 0,05$) em

relação à espécie e ao tratamento (sequeiro e irrigado), bem como a interação entre eles (Tabela 3).

Tabela. 3. Avaliação morfométrica dos caracteres anatômicos da região internervural de maracujazeiro submetido ao estresse hídrico.

| Espécies | Características anatômicas | | | | | |
|----------------------|----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | ELF | | EAd | | EAb | |
| | Seq. | Irrig. | Seq. | Irrig. | Seq. | Irrig. |
| <i>P. alata</i> | 183,74aB | 207,49aA | 20,75aB | 32,85aA | 18,88aA | 20,73aA |
| <i>P. edulis</i> | 185,64aA | 170,76bA | 24,21aA | 25,44bA | 21,55aA | 18,22aA |
| <i>P. gibertii</i> | 151,69bA | 145,56cA | 14,72bA | 18,08cA | 12,34bB | 18,79aA |
| <i>P. setacea</i> | 103,26cA | 104,43dA | 15,74bA | 16,71cA | 15,62bA | 11,91bA |
| <i>P. cincinnata</i> | 155,10bA | 136,84cB | 25,20aA | 23,60bA | 16,43bA | 19,56aA |

| Espécies | Características anatômicas | | | |
|----------------------|----------------------------|---------|----------|---------|
| | PP | | PE | |
| | Seq. | Irrig. | Seq. | Irrig. |
| <i>P. alata</i> | 55,01bA | 60,06aA | 73,35bB | 92,37aA |
| <i>P. edulis</i> | 44,77cA | 37,35cB | 101,51aA | 84,88aB |
| <i>P. gibertii</i> | 59,75bA | 50,08bB | 60,79cA | 54,57bA |
| <i>P. setacea</i> | 20,12dB | 35,29cA | 48,42cA | 38,53cA |
| <i>P. cincinnata</i> | 75,22aA | 46,72bB | 58,06cA | 49,43bA |

Médias seguidas por letras iguais minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$). ELF = espessura do limbo foliar; EAd = espessura da epiderme adaxial; EAb = espessura da epiderme abaxial; PP = espessura do parênquima paliçádico; PE = espessura do parênquima esponjoso.

De maneira geral, observou-se pelos dados morfométricos alterações na espessura do mesófilo e dos tecidos constituintes em função da baixa disponibilidade de água (Figuras 7, 8, 9 e Tabela 3). A espessura do parênquima paliçádico aumentou nas plantas de *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. cincinnata* sob deficiência hídrica em relação às plantas controle. Comportamento semelhante foi verificado nessas espécies para as espessuras do limbo foliar e do parênquima esponjoso. Em contrapartida, *P. alata* foi à espécie que apresentou maiores alterações anatômicas decorrente da deficiência hídrica como reduções na espessura do limbo foliar, na epiderme adaxial, parênquima paliçádico e parênquima esponjoso (Tabela 3). *P. setacea* foi considerada a mais tolerante ao

déficit hídrico por apresentar menores alterações anatômicas quando comparado ao tratamento controle.

As seções transversais da lâmina foliar revelaram algumas modificações anatômicas na estrutura celular de algumas espécies de *Passiflora* quando submetidas à deficiência hídrica, como aumento da região da nervura central e redução dos espaços intercelulares da lâmina foliar para todas as espécies estudadas (Figuras 7,8 e 9) presença de cristais de oxalato de cálcio na forma de drusas na região floemática de *P. edulis*, *P. gibertii*, *P. setacea* e *P. cincinnata*. Foi também observada a presença de compostos fenólicos e de tricomas tectores unisseriados na nervura central de *P. setacea* após a restrição hídrica (Figura 8).

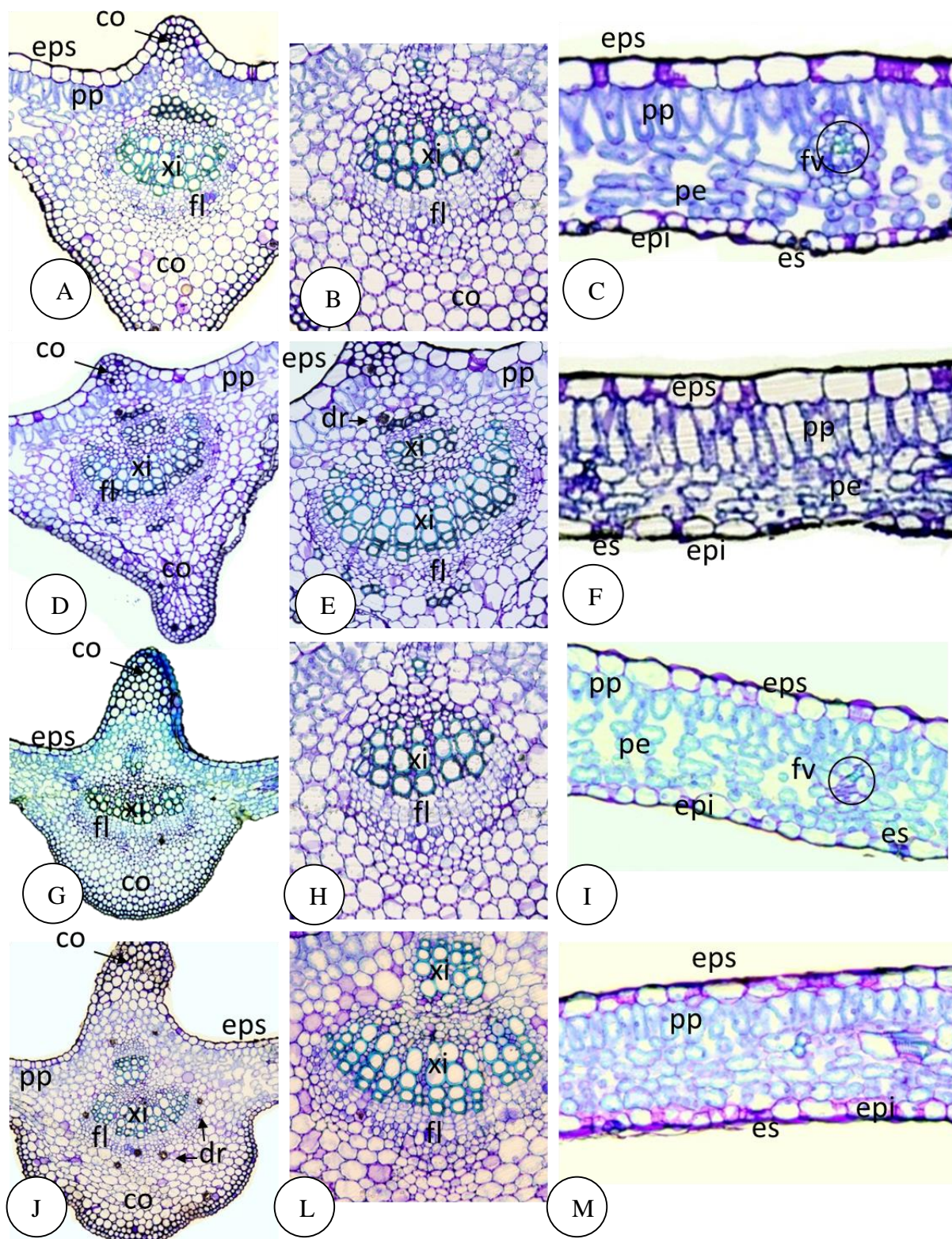


Figura 7. Fotomicrografias da lâmina foliar de plantas de maracujazeiro de *P. alata* controle (A - C) e estressado (D-F) e *P. edulis* controle (G-I) e estressado (J-M). (A, B) Região da nervura central de *P. alata* controle com distribuição normal das estruturas

celulares, apresentando epiderme superior (eps) com células isodiamétricas justapostas. C) Região do mesófilo foliar de *P. alata* controle, demonstrando a organização natural das células com espaços no parênquima esponjoso (pe) para a realização das trocas gasosas. (D, E) Região da nervura de *P. alata* estressado demonstrando a contração das células do colênquima (co) provocadas pelo estresse hídrico, bem como maior presença de vasos do xilema (xi). F) Mesófilo de *P. alata* estressado com maior justaposição das células do parênquima esponjoso (pe). (G, H) Nervura central de *P. edulis* controle apresentando células túrgidas e isodiamétricas. I) Mesófilo foliar de *P. edulis* com distribuição normal dos tecidos, com semelhança a *P. alata* controle. (J, L) *P. edulis* estressado demonstrando melhor distribuição e maior presença dos vasos do xilema e de cristais de oxalato de cálcio do tipo drusas. M) Região do mesófilo foliar de *P. edulis* estressado evidenciando maior justaposição entre as células quando a planta é submetida ao estresse hídrico. co= colênquima , eps=epiderme superior, epi=inferior, pp=parênquima paliçádico, xi=xilema, fl=floema, pe= parênquima esponjoso, fv= feixe vascular , dr= drusas, es = estômato.

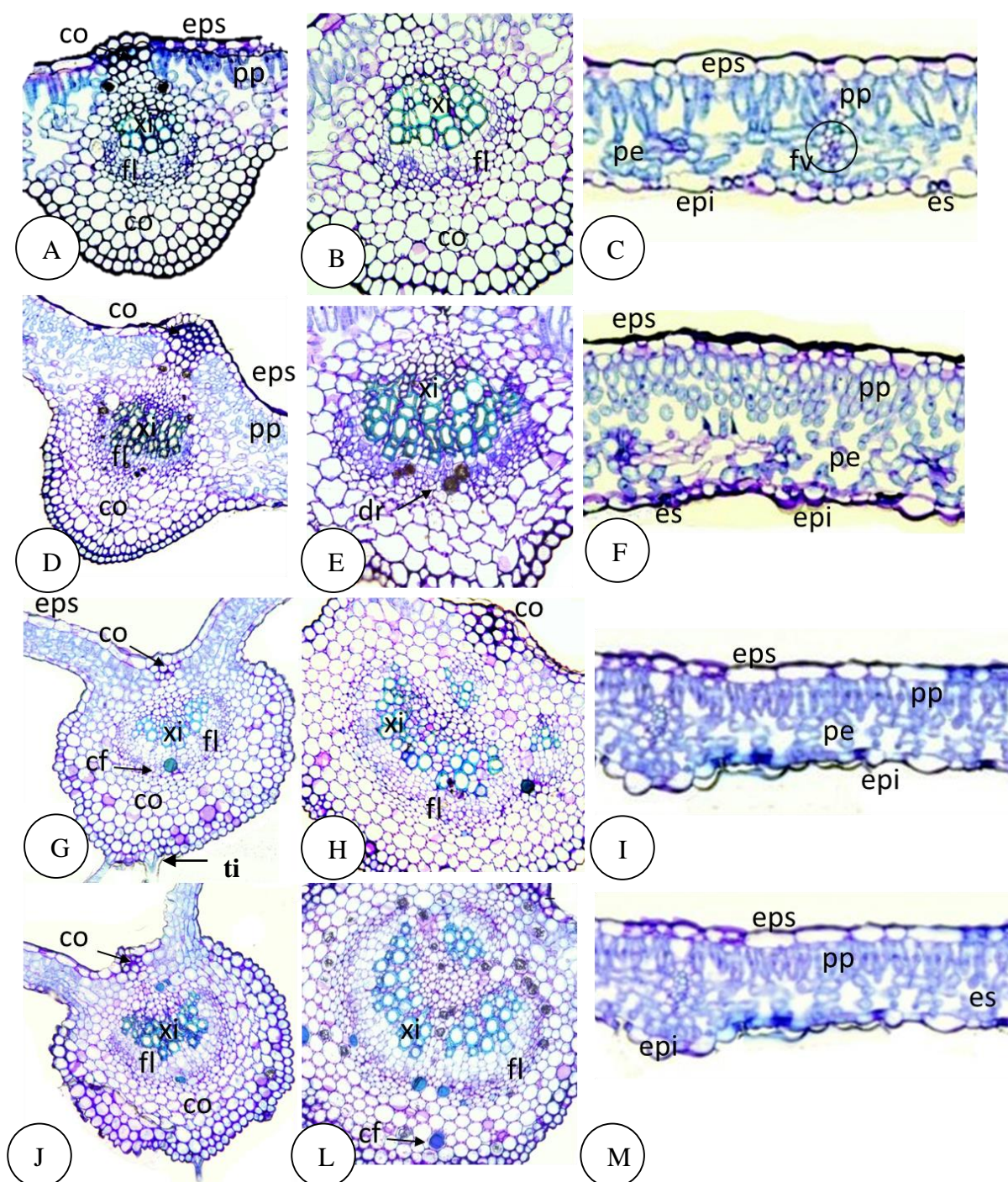


Figura 8 .Fotomicrografias da lâmina foliar de *P. gibertii* controle (A-C) e estressado (D-F) e *P. setacea* controle (G-I) e estressado (J-M). (A, B) Região da nervura central de *P.gibertii* controle com distribuição normal das estruturas celulares, apresentando epiderme superior (eps) com células isodiamétricas justapostas. C) Região do mesófilo foliar de *P. gibertii* controle demonstrando a organização natural das células com espaços no parênquima esponjoso (pe) para a realização das trocas gasosas. D, E) Região da nervura de *P. gibertii* estressado demonstrando a contração das células do colênquima (co) provocadas pelo estresse hídrico, bem como maior presença de vasos do xilema (xi). F) Mesófilo de *P. gibertii* estressado apresenta comportamento semelhante ao controle

em termos de estrutura anatômica. (G, H) Nervura central de *P. setacea* controle apresentando células túrgidas e isodiamétricas, com presença de tricomas I) Mesófilo foliar de *P. setacea* com distribuição normal dos tecidos. (J, L) *P. setacea* estressado demonstrando presença de tricomas, melhor distribuição e maior presença dos vasos do xilema e de cristais de oxalato de cálcio do tipo drusas. M) Região do mesófilo foliar de *P. setacea* estressado evidenciando maior justaposição entre as células quando a planta é submetida ao estresse hídrico. co= colênquima , eps= epiderme superior, epi=inferior, pp=parênquima paliçádico, xi=xilema, fl=floema, pe= parênquima esponjoso, fv= feixe vascular , dr= drusas, es = estômato, ti=tricomas, cf= compostos fenólicos.

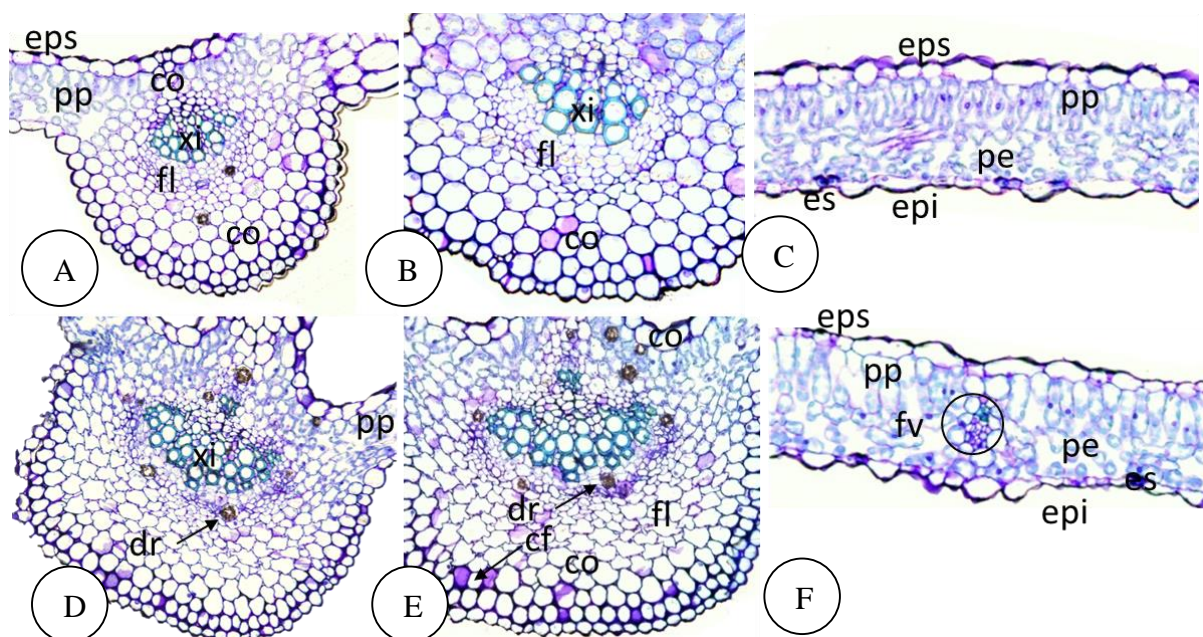


Figura 9. Fotomicrografias da lâmina foliar de plantas de *P. cincinnata* controle (A-C) e estressado (D-F). (A, B) Região da nervura central de *P.cincinnata* controle com distribuição normal das estruturas celulares, apresentando epiderme superior (eps) com células isodiamétricas justapostas. C) Região do mesófilo foliar de *P. cincinnata* controle demonstrando a organização natural das células com espaços no parênquima esponjoso (pe). (D, E) Região da nervura de *P. cincinnata* estressado demonstrando a contração das células do colênquima (co) provocadas pelo estresse hídrico, bem como maior presença de vasos do xilema (xi). F) Mesófilo de *P. cincinnata* estressado com presença de feixe vascular. co= colênquima , eps= epiderme superior, epi=inferior, pp=parênquima paliçádico, xi=xilema, fl=floema, pe= parênquima esponjoso, fv= feixe vascular , dr= drusas, es = estômato, cf= compostos fenólicos.

DISCUSSÃO

No presente estudo, foram constatadas diversas alterações nas características biométricas, fisiológicas e anatômicas de cinco espécies de *Passiflora* spp. submetidas à deficiência hídrica controlada, com significativa redução do crescimento vegetativo e da condutância estomática. Com a intensificação da escassez hídrica, observou-se a diminuição do número de folhas e da área foliar em todas as espécies estudadas. Diversos autores também relatam a diminuição desses caracteres em resposta à deficiência hídrica no solo (Aguirrezabal et al., 2006; Silva et al., 2010; Waghorn et al., 2015). Provavelmente isto ocorre como mecanismo de proteção e sobrevivência da planta, reduzindo a sua área exposta à radiação solar, como também a sua superfície de transpiração, quando estas estão expostas as condições adversas.

No entanto, cada espécie apresentou estratégias distintas de tolerância à seca, que consiste em um mecanismo que possibilita à planta continuar suas atividades metabólicas em meio a um baixo potencial hídrico nas células (Verslues et al., 2006).

O maracujazeiro-doce, *P. alata*, é a segunda espécie mais cultivada no Brasil, para fins de mercado de fruta fresca (Junqueira, 2005). Sua região de origem é Amazônia (Yockteng, et al., 2011). Diversas características observadas neste estudo corroboram para essa informação, quanto ao comprimento de raiz ocorreu uma tendência oposta entre as espécies *P. alata* e *P. gibertii*, onde *P. alata*, necessita de umidade para o sistema radicular se desenvolver. Apenas para a espécie *P. alata* houve perda de massa seca de raiz quando submetida à deficiência hídrica, possivelmente esta espécie por ser originada da região Amazônica não se adapta a solos secos, diferente das demais espécies avaliadas, sua extração mais lenta de água no substrato, sugere sua evolução em local com bastante água e sombra, comprovado pela sua região de origem. Esta foi a espécie que apresentou maior área foliar, no entanto, não refletiu em uma maior condutância. Essa é outra característica associada a espécies vegetais

provenientes de ambientes sombreados e úmidos, como subdossel de florestas tropicais.

Quanto aos caracteres anatômicos, *P. alata* foi à espécie que exibiu maior esforço para assegurar a sua sobrevivência na condição de baixa disponibilidade hídrica, já que apresentou inúmeras modificações nas estruturas celulares da lâmina foliar, como redução na espessura do limbo foliar, na epiderme adaxial, parênquima paliçádico e parênquima esponjoso. Além disso, verificou-se nessa espécie a redução dos espaços intercelulares da nervura central das plantas sob restrição hídrica. Alguns autores relatam que a redução dos espaços intercelulares é uma alternativa de diminuir a evaporação de água e garantir a eficiência no uso desta (Chartzoulakis et al., 2002).

P. gibertii é uma espécie nativa da região do cerrado brasileiro conhecida como maracujazeiro–do-campo (Bernacci, et al., 2013). Esta espécie apresentou uma rápida resposta na condutância estomática, logo no início da suspensão hídrica, consistindo em um mecanismo de tolerância a seca. Evidenciou ser bastante vigorosa, pois atingiu altura e IVC similar às demais em período de tempo inferior, pois logo apresentou murchamento. A faixa de condutância estomática de *P. gibertii* irrigado é maior, reforçando que apresenta elevada transpiração.

De acordo com os valores expressos pela massa seca de ramos, mais uma vez foi possível notar alto vigor da espécie que cresceu de forma semelhante em ambas condições de irrigação (controle e déficit hídrico). O sistema radicular ficou mais profundo sob condição de sequeiro, mostrando uma maior exploração por água na seca.

No presente estudo observou-se na condição de sequeiro que *P. gibertii* foi à espécie mais eficiente em explorar água numa faixa de umidade do solo bem baixa, indicando tolerância a seca sazonal quando comparado à espécie comercial *P. edulis*.

Alterações anatômicas também foram verificadas em *P. gibertii* na condição de sequeiro, como aumento da espessura do limbo foliar, do parênquima paliçádico e do parênquima esponjoso e que podem ser consideradas estratégias para diminuir a perda hídrica. Alguns autores afirmam

que o parênquima paliçádico está diretamente relacionado com a fotossíntese, um maior desenvolvimento desse tecido pode permitir maior fixação de CO₂ com uma abertura dos estômatos em curto espaço de tempo (Castro et al., 2009). Já o parênquima esponjoso proporciona uniformidade na absorção luminosa na folha (Taiz & Zeiger, 2004; Castro et al., 2009). Dessa maneira, o aumento da espessura encontrada em ambos os tecidos para *P. gibertii* pode ter contribuído para aumentar a assimilação de CO₂ funcionando como mecanismo de defesa para manter a capacidade fotossintética em potenciais de água muito baixos.

O maracujazeiro amarelo (*P. edulis*) é a espécie mais cultivada do gênero, especialmente em regiões tropicais e subtropicais para produção de frutos, com elevado potencial produtivo (30 a 70 t ha⁻¹). Sua origem é a América Tropical (Gurung et al., 2014). As respostas à deficiência hídrica de *P. edulis* foram semelhantes às de *P. gibertii*, sugerindo origem em regiões com características climáticas parecidas e que essas duas espécies apresentam atributos interessantes para uso como porta-enxerto de outros maracujazeiros.

De forma análoga ao observado em *P. gibertii*, também foi constatado pela análise morfoanatômica da superfície foliar aumento dos tecidos parenquimático e esponjoso em *P. edulis* sob restrição hídrica. Menzel et al. (1986), estudando o estresse hídrico em plantas de *P. edulis*, observaram que a escassez hídrica prolongada ocasionou reduções no crescimento das plantas e na área foliar. Os autores ainda acrescentam que mesmo uma leve escassez hídrica, pode limitar severamente o crescimento vegetativo e o potencial produtivo do maracujazeiro.

P. setacea é uma espécie nativa do cerrado brasileiro que também é usada para fins alimentares (Oliveira e Ruggiero, 2005). As respostas dessa espécie à deficiência hídrica foram distintas às demais espécies estudadas, já que apresentou uma menor condutância estomática durante todo período, mesmo sob condições ideais de umidade, possivelmente devido à presença de tricomas tectores, drusas e compostos fenólicos que reduzem a transpiração, fotossíntese e translocação de fotossintatos em condições de estresse hídrico. *P. setacea* foi a espécie que apresentou menor variação na espessura da folha nas duas condições de deficiência hídrica (sequeiro e irrigado). Alguns autores relatam que pequenas variações na espessura da folha resultam em modificações expressivas

na fotossíntese de algumas espécies de plantas, enquanto outras apresentam grande plasticidade na espessura foliar com pouca variação na capacidade fotossintética (Yamashita et al., 2002).

Pelas características anatômicas estudadas, *P. setacea* foi a espécie que apresentou maior capacidade de sobreviver em melhores condições sob restrição hídrica pelo fato de tolerar períodos prolongados de seca. Portanto, essa espécie poderia ser cultivadas em áreas aptas ao cultivo, porém com restrição hídrica, sem maiores problemas no seu potencial produtivo, até mesmo por tratar-se de uma espécie do cerrado e adaptada às condições climáticas da região.

P. cincinnata, também conhecido como maracujazeiro-do-mato ou mochila, é uma espécie perene, resistente à seca e constitui uma alternativa de cultivo para os pequenos produtores em condições de sequeiro (Santos et al., 2016). Nesse estudo, o comportamento de *P. cincinnata* foi mais próximo de *P. setacea*. E apresentaram condutância estomática relativamente baixa em todo período de avaliação, mesmo quando irrigados, possivelmente estas espécies possuem algum mecanismo de proteção que diminui a perda de água da planta para o ambiente pela transpiração. Em resposta ao estresse hídrico, *P. cincinnata* desenvolveu algumas modificações anatômicas para promover a aclimação e sobrevivência das mesmas, como aumento da espessura dos tecidos foliares, a exemplo dos parênquimas paliçádicos e esponjoso e aumento da espessura do limbo foliar. Na seção longitudinal da nervura central foi verificada em condição de déficit hídrico a presença de metabólitos secundários, como drusas e compostos fenólicos. Em geral, o estresse hídrico pode promover aumento na biossíntese de compostos fenólicos e formação de lignina (Matern; Grimmig, 1994). Vários autores têm demonstrado a produção de compostos fenólicos nos tecidos vegetais em diferentes espécies de plantas submetidas ao estresse (Ahmed et al., 2013; Hura et al., 2013; Król et al., 2014). Entretanto, os resultados encontrados por esses autores são contraditórios no que diz respeito à quantidade de compostos fenólicos presentes nas folhas submetidas ao estresse hídrico.

Outra característica anatômica que foi comum a todas as espécies de *Passiflora* sob baixa disponibilidade hídrica foi o aumento da quantidade de vasos xilemáticos na nervura central. Entretanto, em *P. cincinnata* observou-se que os

vasos xilemáticos presentes na nervura central apresentaram menor calibre, como uma forma de minimizar a perda de água para o ambiente, já que o xilema é responsável pela condução de água nas plantas.

As cinco espécies de *Passiflora* estudadas foram sensíveis à deficiência hídrica controlada e apresentaram distintos mecanismos de convivência com esse estresse. De acordo com O'Neill et al. (2006), ferramentas que analisem efeitos morfológicos e fisiológicos de maneira rápida podem ser essenciais para distinguir espécies tolerantes e sensíveis ao déficit hídrico, podendo auxiliar no processo de melhoramento genético da cultura para tolerância a deficiência hídrica. A metodologia avaliada no presente trabalho foi eficaz para a seleção precoce dos genótipos, embora estudos durante a fase reprodutiva sejam necessários a fim de complementar a compreensão sobre a reação das espécies de *Passiflora* à seca, bem como sua interação com o manejo da cultura e com a ocorrência de doenças do solo.

CONCLUSÕES

1. Todas as espécies avaliadas foram sensíveis à deficiência hídrica, mas apresentaram respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas distintas para tolerância à seca.
2. *P. gibertii* e *P. edulis* apresentaram crescimento vigoroso e rápido fechamento e abertura estomáticos em resposta à umidade do solo, sendo o primeiro mais eficiente em extrair a água do substrato mesmo a menor umidade,
3. Pelas características anatômicas estudadas, *P. alata* foi a espécie que exibiu maior esforço para assegurar a sua sobrevivência na condição de baixa disponibilidade hídrica, enquanto *P. setacea* foi a espécie que apresentou maior capacidade de sobreviver em melhores condições sob restrição hídrica pelo fato de tolerar períodos prolongados de seca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dos parâmetros genéticos pode ser um método valioso para a seleção de espécies de maracujazeiro amarelo, possibilitando o conhecimento da estrutura genética da população avaliada. Os estudos realizados possibilitaram identificar valores de herdabilidade nos três ciclos de produção, porém no primeiro ciclo estes valores foram mais altos quando comparados aos ciclos seguintes para a maioria das características avaliadas, indicando alta probabilidade para obtenção de ganhos, logo no primeiro ciclo de produção, consistindo em uma seleção mais eficiente.

Os estudos de correlações entre características de interesse agrônomo também é uma técnica de grande valor aos programas de melhoramento genético, no presente estudo, as correlações genóticas superaram as correlações fenotípicas, evidenciando que os fatores genéticos contribuíram mais do que os de ambiente.

A suspensão da irrigação para avaliar as respostas das plantas de maracujazeiro submetidas a restrição hídrica, demonstrou que o efeito do déficit hídrico sobre as plantas é complexo e estas reagem com diversos processos adaptativos, que variam com a espécie avaliada, sendo que algumas espécies possuem uma rápida plasticidade para alterar uma determinada característica. As plantas analisadas quando submetidas a escassez hídrica apresentaram, como já mencionado anteriormente, algumas alterações fisiológicas, biométricas e anatômicas citadas pela literatura.

Sendo assim, a compreensão de como o vegetal reage em resposta aos fatores limitantes ao desenvolvimento, também faz parte da estratégia de pesquisa para utilização de espécies eficientes em condições não favoráveis ao seu desenvolvimento. Diante dos argumentos, a metodologia avaliada foi eficiente para selecionar as espécies para tolerância à seca, com potencial de uso nos programas de melhoramento genético de maracujazeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRREZABAL, L.; BOUCHIER-COMBAUD, S.; RADZIEJWOSKI, A.; DAUZAT, M.; COOKSON, S. J.; GRANIER, C. Plasticity to soil water deficit in *Arabidopsis thaliana*: dissection of leaf development into underlying growth dynamic and cellular variables reveals invisible phenotypes. **Plant, Cell and Environment**, v. 29, p. 2216–2227, 2006.

AHMED, I. M.; CAO, F.; ZHANG, M.; CHEN, X.; ZHANG, G.; WU, F. difference in yield and physiological features in response to drought and salinity combined stress during anthesis in tibetan wild and cultivated barleys. **Plos One**, v. 8, p. 1-14, 2013.

BAUER, H.; ACHE, P.; LAUTNER, S.; FROMM, J.; HARTUNG, W.; AL-RASHEID, K.A.; SONNEWALD, S.; SONNEWALD, U.; KNEITZ, S.; LACHMANN, N.; MENDEL, R. R.; BITTNER, F.; HETHERINGTON, A.M.; HEDRICH, R. The stomatal response to reduced relative humidity requires guard cell-autonomous ABA synthesis. **Current Biology**, v. 23, p. 53–57, 2013.

BERNACCI, L.C.; CERVI, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; NUNES, T.S.; IMIG, D.C.; MEZZONATO, A.C. Lista de espécies da flora do Brasil: Passifloraceae. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2013. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB182>>. Acesso em: 21 de maio de 2016.

CAMPBELL, D. R.; WU, C. A.; TRAVERS, S. E. Photosynthetic and growth responses of reciprocal hybrids to variation in water and nitrogen availability. **American Journal of Botany**, v. 97, p. 925-933, 2010.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A.; KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A.; NASTOU, A. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 95, p. 39–50, 2002.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551–560, 2009.

COELHO, E. F.; VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; LEDO, C. A. da S. Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a TDR e a multiplexadores em três tipos de solos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, p. 23-30, 2006.

COSTA, A. F. S.; VENTURA J.A.; FANTON. C. J.; LIMA I. M.; CAETANO, L.C.S.; SATANA, E.N. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro. Vitória, ES: **Incaper**, 2008. 56 p. (Incaper. Documentos, 162).

CUNHA, M. A. P., BARBOSA, L. V., FARIA, G. A. Botânica. In: LIMA, A.A e CUNHA, M. A. P. **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 396 p.

DOI, M.; KITAGAWA, Y.; SHIMAZAKI, K. Stomatal blue light response is present in early vascular plants. **Plant Physiology**, v. 169, p. 1205–1213, 2015.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, v. 55, p. 123-142, 1968.

FIGUEIREDO, D.; COLOMEU, T. C.; SCHUMACHER, N. S. G.; STIVANIN-SILVA, L. G.; CAZARIN, C. B. B.; MELETTI, L. M. M.; FERNANDES, L. G. R.; PRADO, M. A.; ZOLLNER, R. L. Aqueous leaf extract of *Passiflora alata* Curtis promotes antioxidant and anti-inflammatory effects and consequently preservation of NOD

mice beta cells (non-obese diabetic). **International Immunopharmacology**, v. 35, p. 127-136, 2016.

GOMES, M. T. G.; LUZ, A. C.; SANTOS, M. R.; BATITUCCI, M. C. P.; SILVA, D. M.; FALQUETO, A. R. Drought tolerance of passion fruit plants assessed by the OJIP chlorophyll a fluorescence transient. **Scientia Horticulturae**, v. 142, p. 49-56, 2012.

GURUNG, N.; SWAMY, G. S. K.; SARKAR, S. K.; BHUTIA, S. O.; BHUTIA, D. K. C. Studies on seed viability of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Journal of Crop and Weed**, v. 10, p. 484-487, 2014.

HAMED, S. B.; LEFI, E.; CHAIEB, M. Physiological responses of *Pistaciavera* L. versus *Pistacia atlantica* Desf. to water stress conditions under arid bioclimate in Tunisia. **Scientia Horticulturae**, v. 203, p. 224–230, 2016.

HURA, T.; HURA, K.; OSTROWSKA, A.; GRZESIAK, M.; DZIURKA, K. The cell wall-bound phenolics as a biochemical indicator of soil drought resistance in winter triticale. **Plant, Soil and Environment**, v. 59, p. 189–195, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. Produção agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes. 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 20/01/2016.

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. McGraw Hill, New York. 1940.

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. (Org). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.81-106.

KRÓL, A.; AMAROWICZ, R.; WEIDNER, S. Changes in the composition of phenolic compounds and antioxidant properties of grapevine roots and leaves (*Vitisvinifera* L.) under continuous of long-term drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, p. 1491–1499, 2014.

LI, C.; NONG, Q.; SOLANKI, M. K.; LIANG, Q.; XIE, J.; LIU, X.; LI, Y.; WANG, W.; YANG, L.; LI, Y. Differential expression profiles and pathways of genes in sugarcane leaf at elongation stage in response to drought stress. **Nature**, v. 6, p. 1-11, 2016.

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

MAKBUL, S.; GÜLER, N. S.; DURMUŞ, N.; GÜVEN, S. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. **Turkish Journal of Botany**, v. 35, p. 369-377, 2011.

MATERN, V.; GRIMMIG, B. Natural phenols as stress metabolites. **Acta Horticulturae**, v. 381, p.448-62, 1994.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; DOWLING, A. J. Water relations in passion fruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. **Scientia Horticulturae**, v. 29, p.239-49, 1986.

NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. **Tropical fruits crop production science in Horticulture**. New York: Cab International, 1998. 445 p.

O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, v. 46, p. 681-687, 2006.

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

OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Espécies de maracujá com potencial agrônômico. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F., **Maracujá Germoplasma e Melhoramento Genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 141-155, 2005.

RASBAND, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2012.

RONCATTO, G.; OLIVEIRA, J.C. de; RUGIERO, C.; NOGUEIRA FILHO, G.C.; CENTURION, M.A.P. da C.; FERREIRA, F.R. Comportamento de maracujazeiros (*Passiflora* spp.) quanto à morte prematura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.552-554, 2004.

SANTOS, J. L.; MATSUMOTO, S. N.; OLIVEIRA, P. N.; OLIVEIRA, L. S.; SILVA, R. A. Morphophysiological analysis of passion fruit plants from different propagation methods and planting spacing. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 305 – 312, 2016.

SIEBRA, A. L. A.; OLIVEIRA, L. R.; MARTINS, A. O. B. P. B.; SIEBRA, D. C.; ALBUQUERQUE, R. S.; LEMOS, I. C. S.; DELMONDES, G. A.; TINTINO, S. R.; FIGUEREDO, F. G.; COSTA, J. G. M.; COUTINHO, H. D. M.; MENEZES, I. R. A.; FELIPE, C. F. B.; KERNTOPF, M. R. Potentiation of antibiotic activity by *Passiflora cincinnata* Mast. front of strains *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2016.

SILVA, E. C.; SILVA, M. F. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in

response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 225-233, 2010.

SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; SOUZA, E. H.; OLIVEIRA, E. J. Reproductive biology and pollen–pistil interactions in *Passiflora* species with ornamental potential. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 339–349, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 203p.

VASELLATI, V.; OESTERHELD, M.; MEDAN, D.; LORETI, J. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, v.88, p. 355-360, 2001.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J.K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, p. 523–539, 2006.

VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. Principais doenças do maracujazeiro na região nordeste e seu controle. Comunicado Técnico. p. 1-11, 2003.

WAGHORN, M. J.; WHITEHEAD, D.; WATT, M. S.; MASON, E. G.; HARRINGTON, J. J. Growth, biomass, leaf area and water-use efficiency of juvenile *Pinus radiata* in response to water deficits. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 45, p. 1-11, 2015.

YAMASHITA, N.; KOIKE, N.; ISHIDA, A. Leaf ontogenetic dependence of light acclimation in invasive and native subtropical trees of different successional status. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 1341-1356, 2002.

YOCKTENG, R.; D'EECKENBRUGGE, G. C.; SOUZA-CHIES, T. T. Passiflora. In: Kole, C. **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources**. Tropical and Subtropical Fruits. Germany: Springer. p. 129-172, 2011.

ZAHARAH, S. S.; RAZI. I.M. Growth, stomata aperture, biochemical changes and branch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress. **Scientia Horticulturae**, v. 123, p. 58-67, 2009.