



**unesp**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**ASPECTOS ANATÔMICOS, FISIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS DA ENXERTIA DE MARACUJAZEIROS  
SOBRE *Passiflora cincinnata* Mast.**

**VALDIR ZUCARELI**

**Tese apresentada ao Instituto de  
Biociências, Câmpus de Botucatu,  
UNESP, para obtenção do título de  
Doutor no Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Biológicas (Botânica), Área  
de Concentração Fisiologia Vegetal.**

**Botucatu – SP**

**- 2011 -**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Julio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**ASPECTOS ANATÔMICOS, FISIOLÓGICOS E  
BIOQUÍMICOS DA ENXERTIA DE MARACUJAZEIROS  
SOBRE *Passiflora cincinnata* Mast.**

**VALDIR ZUCARELI**

**PROF<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> ELIZABETH ORIKA ONO**

**ORIENTADORA**

**Tese apresentada ao Instituto de  
Biociências, Câmpus de Botucatu,  
UNESP, para obtenção do título de  
Doutor no Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Biológicas (Botânica), Área  
de Concentração Fisiologia Vegetal.**

**Botucatu – SP**

**- 2011 -**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE

Zucareli, Valdir.

Aspectos anatômicos, fisiológicos e bioquímicos da enxertia de maracujazeiros sobre *Passiflora cincinnata* Mast. / Valdir Zucareli. - Botucatu, 2011

Tese (doutorado) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2011

Orientador: Elizabeth Orika Ono

Capes: 20303009

1. Enxertia. 2. Passiflora - Fisiologia. 3. Passiflora – Anatomia.  
3. Maracujá.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Maracujá; Porta enxerto; Propagação.

*O Senhor é o meu pastor e nada me faltará;  
Ele me faz descansar em campinas verdejantes  
e me leva a águas tranqüilas.  
O eterno me dá novas forças;  
e me guia no caminho certo  
Ainda que eu caminhe por um vale escuro  
como a própria morte, não temerei.*

***Pois Deus, está comigo,***

***Tu me proteges e me diriges.***

*Preparas um banquete para mim  
onde meus inimigos possam ver,  
Sou teu convidado de honra e  
enches meu copo até a borda.*

***Sei que a tua bondade e o teu perdão  
ficarão comigo enquanto eu viver.***

*E todos os dias da minha vida  
morarei na tua casa.*

***SALMO 23 (da Bíblia Sagrada)***

***Dedico:***

---

Aos meus pais, **Cláudio e Ivone;**

Aos meus irmãos, **Claudemir e Cristiane;**

Pelos exemplos de vida, dignidade e força durante todos esses anos.

A vocês a minha sincera admiração, meu respeito e eterna gratidão. **AMO vocês.**

**AGRADEÇO:**

---

**Uma Tese não traduz o esforço isolado de uma única pessoa**, antes constitui o resultado de várias contribuições que, no seu conjunto, dão corpo às ideias expressas e permitem a sua apresentação final. Assim, é justo e necessário deixar aqui o meu reconhecimento e gratidão:

**À Deus**, presença constante em minha vida. Refúgio, fortaleza, alegria e amparo em todos os momentos.

**À minha Mãe Ivone e ao meu Pai Cláudio Zucareli**. Melhores Teses e melhores livros que eu poderia ler, melhor escola que eu poderia frequentar.

**Ao meu irmão Claudemir**, que tem sido meu exemplo de vida, meu apoio constante, meu conselheiro e meu melhor amigo.

**À minha Irmã Cristiane**, melhor amiga, que com a ternura, força e determinação me mostrou que o melhor caminho é sempre buscar a felicidade.

**À Minha Avó Ilma Dalrri Savani** (*in memoriam*), pelo exemplo de vida e de dignidade e pelo auxílio nos estudos. Saudades!

**À Professora Elizabeth Orika Ono** pela orientação. Que soube dosar liberdade, responsabilidade e amizade na medida certa. Levo comigo o aprendizado para toda a vida.

**À Capes** pelo auxílio financeiro imprescindível para a realização deste trabalho.

**À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) e Universidade Estadual Paulista (UNESP)** que me propiciaram a formação acadêmica necessária pra chegar até aqui.

**À Universidade Estadual de Londrina**, em especial ao Departamento de Biologia Animal e Vegetal (BAV) pela experiência vivida, pela estrutura cedida e pela colaboração no decorrer do trabalho de Tese.

**Aos professores da UNESP**, em especial à Carmen Boaro, João Domingos (Mingo), José Pedras, Claudio Barbedo e Fernando Broeto, pela contribuição profissional e amizade.

**Aos Professores da Unioeste** pelo aprendizado, em especial às Professoras Andréa e Norma que iniciaram comigo essa jornada e me apóiam até hoje com suporte técnico e com a amizade que perdura.

**Ao Professor Moacyr Médri e as Alunas Viviam e Juliana** pela colaboração na realização deste trabalho e pela amizade que permanece.

**Aos pesquisadores e amigos** Inara Conegliam e Eduardo Borges da Veiga pela amizade, pela valorosa e indispensável colaboração, sem vocês não seria possível a realização deste trabalho.

**Aos pesquisadores e amigos** Amanda Amaro, Ana Claudia Macedo, Douglas Kohatsu, Jennifer Búfalo e Wilian Branbilla pela indispensável colaboração no presente trabalho.

**Aos funcionários** da UNESP, em especial do departamento de Botânica (Adriana, Áureo, Kleber, Inara, Marilene, Maria Helena, Socorro, Valdinei, Zé Du). Mais do que o suporte técnico, vocês também nos dão a amizade e apoio necessários para suportar a distância da família.

**Aos professores e funcionários** da UEL - BAV (Moacyr, Ângela, Pimenta, Edimilson, José Eduardo, Oilton, Sandra, Sirlei, Leonide (Léo), Chico, Viviane, Valdemar) pelo apoio constante, pela amizade e aprendizado.

**Aos meus Padrinhos** Gilberto e Vilma Pasqualatto e suas filhas Ariane e Gabriela, pelo apoio, amizade e carinho em todos os momentos.

**Aos meus melhores amigos e afilhados** Ricardo Toshio e Douglas Seijun pelo apoio constante e resgate na Fé.

**Às amigas** Luciana Pizani e Rosymare Cristina pela amizade, pelos momentos de alegria e apoio incondicional.

**Aos amigos que fiz nesse período de Pós-Graduação:** Barbara, Benedito, Bento, Bruno Leite, Bruno Braga, Carmem Cenira, Daniel Baron, Daniela, Danila, Danilo, Eduardo, Flavia, Gloria, Jaqueline, João Paulo, Jônatas L. C., Juliana Gimenes, Juliana Marzinek, Juliana De Fazio, Karol, Leandro Camilli, Leonardo Ferreira, Leonardo Seito, Letícia, Lina, Luchele, Luis, Luiza, Marcio Lanza, Márcio Bonjovani, Maria Olívia, Mônica, Orlando, Paulinha, Reginaldo, Renam, Simonete, Yara, Mônica, etc.

**Aos amigos de graduação** que iniciaram comigo essa jornada, sempre me incentivando e apoiando (Claudia, Iara, Everli, Treco, Marcio, Alex, Ângela, Nando, etc.).

**Aos amigos de infância**, em especial a Tânia e Márcia, José Airton, que sempre acreditaram em mim.

**Às Famílias Daroz, Martins e Kestrin Klein** pelo apoio constante desde o início da Pós-graduação.

Enfim, **agradeço a todos que colaboraram**, direta ou indiretamente, na elaboração deste trabalho. **Obrigado!**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
1 – INTRODUÇÃO.....	3
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 Maracujás: Espécies comerciais .....	5
2.2 <i>Passiflora cincinnata</i> Mast.....	7
2.2 Enxertia.....	9
2.3 Enxertia e Trocas Gasosas .....	14
2.4 Maracujazeiros e Deficiência Hídrica .....	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
4. CAPÍTULO I: DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MARACUJAZEIROS ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> , <i>P. edulis</i> f. <i>edulis</i> e <i>P. alata</i> ) ENXERTADAS SOBRE <i>Passiflora cincinnata</i> .....	28
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
5. CAPÍTULO II: ANATOMIA DA ENXERTIA DE MARACUJAZEIROS COMERCIAIS ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> e <i>P. alata</i> ) SOBRE O PORTA ENXERTO <i>Passiflora cincinnata</i> .....	50
INTRODUÇÃO.....	53
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS .....	55
DISCUSSÃO.....	66
CONCLUSÕES .....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
6. CAPÍTULO III: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS DE MARACUJAZEIRO ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>edulis</i> ) ENXERTADAS SOBRE <i>Passiflora cincinnata</i> .....	70
INTRODUÇÃO.....	73
MATERIAL E MÉTODOS.....	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	78
CONCLUSÕES .....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	99
8. CONCLUSÕES .....	101
9. ANEXOS .....	102



## RESUMO

ZUCARELI, V. **Aspectos anatômicos, fisiológicos e bioquímicos da enxertia de maracujazeiros sobre *Passiflora cincinnata* Mast.** 2011. 104f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. é considerada potencialmente importante para uso como porta enxerto, uma vez que é tolerante a doenças, nematóides e seca. O presente trabalho teve como objetivos estudar aspectos da anatomia da enxertia de espécies comerciais sobre o porta enxerto *Passiflora cincinnata*, a influência da enxertia no crescimento inicial de maracujazeiros comerciais e, também, nas respostas ao estresse hídrico. O trabalho constou de três experimentos, no primeiro foi estudado o efeito da enxertia sobre o desenvolvimento das plantas de maracujazeiros comerciais (*P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* e *Passiflora alata*). No segundo foram estudados aspectos relacionados à anatomia do caule na região da enxertia durante o processo de pegamento e lignificação em duas espécies de maracujazeiros comerciais (*P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata*). No terceiro experimento foi estudado o efeito da enxertia nas respostas ao estresse hídrico durante a fase inicial de desenvolvimento das plantas de *P. edulis* f. *edulis* para compreender por meio de estudos de trocas gasosas e análises bioquímicas como o estresse hídrico pode afetar a produtividade das plantas de maracujazeiros. Foi possível observar que a influência da enxertia no crescimento inicial das plantas de maracujazeiros e nos teores de minerais foliares variou de acordo com a espécie estudada. Na anatomia foi observada compatibilidade entre o porta enxerto e as espécies copa estudadas, ocorrendo divisão e diferenciação celular já no oitavo dia após a enxertia e, aos 30 dias após a enxertia, os tecidos se apresentavam diferenciados e completamente unidos. Nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila, as maiores diferenças foram observadas entre *P. cincinnata* (porta enxerto) e *P. edulis* não enxertadas não havendo diferenças significativas entre as plantas não enxertadas e enxertadas de *P. edulis*. A atividade das enzimas antioxidantes foi maior nas plantas enxertadas quando comparadas às não enxertadas da mesma espécie, o que pode indicar incompatibilidade fisiológica da enxertia. As duas espécies estudadas apresentam morfologia com mecanismos para evitar perda d'água como estômatos localizados na face abaxial da folha sendo estes, em *P. cincinnata* encontrados em depressões na epiderme enquanto em *P. edulis* estes estão acima do nível das células epidérmicas com presença de cristas cuticulares. Conclui-se que, de forma geral, a enxertia tem pouca influência no desenvolvimento inicial de plantas de maracujazeiros comerciais e, também, não interfere nos processos de trocas gasosas das mesmas, mesmo em situação de estresse hídrico. Foram observadas diferenças na atividade enzimática e nos teores de minerais foliares entre plantas enxertadas e não enxertadas.

**Palavras-chave:** Maracujá, porta enxerto, estresse hídrico, propagação.

## ABSTRACT

ZUCARELI, V. **Anatomical, physiological and biochemical aspects related to grafting of passion fruit trees onto *Passiflora cincinnata* Mast.** 2011. 104f. Thesis (Doctorate) – Institute of Biosciences, UNESP – São Paulo State University, Botucatu-SP.

The species *Passiflora cincinnata* Mast. is considered potentially important as rootstock since it is tolerant to diseases, nematodes and drought. The present work aimed to evaluate anatomical aspects related to grafting of commercial species onto the rootstock *Passiflora cincinnata* and to determine the influence of grafting on the initial growth of commercial passion fruit trees and on the responses to water stress. The study consisted of three experiments. In the first experiment, the effect of grafting was assessed on the development of commercial passion fruit trees (*P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* and *Passiflora alata*). The second experiment aimed to describe aspects related to the stem anatomy in the grafting region during setting and lignification in two species of commercial passion fruit trees (*P. edulis* f. *flavicarpa* and *P. alata*). The third experiment was designed to study the effect of grafting on the responses to water stress during the initial development stage of *P. edulis* f. *edulis* plants and understand, using gas exchange and biochemical evaluations, how water stress can affect the productivity of passion fruit trees. The influence of grafting on the initial growth of passion fruit trees and on the leaf mineral levels varied according to the species. Considering the anatomy, there was compatibility between the rootstock and canopy species, with cell division and differentiation occurring already on the eighth day after grafting, and at 30 days after grafting tissues were differentiated and completely joined. As to gas exchange and chlorophyll fluorescence, the greatest differences were between *P. cincinnata* (rootstock) and ungrafted *P. edulis*, with no significant differences between ungrafted and grafted *P. edulis* plants. The activity of antioxidant enzymes was higher in grafted relative to ungrafted plants of the same species, which may indicate physiological incompatibility of grafting. Both studied species present morphology with mechanisms for water loss prevention, such as stomata located on the abaxial surface of the leaf. In *P. cincinnata*, stomata are found in depressions in the epidermis, while in *P. edulis* they are above the epidermal cell level, presenting cuticular ridges. Grafting was concluded to have, in general, little influence on the initial development of commercial passion fruit trees and do not interfere with gas exchange, even under water stress. There were differences in enzymatic activity and leaf mineral levels between grafted and ungrafted plants.

**Keywords:** Passion fruit, rootstock, water stress, propagation.

## 1 – INTRODUÇÃO

A produção brasileira de maracujá adquiriu expressão econômica há pouco mais de 25 anos, inicialmente pelo incentivo da agroindústria e, em seguida, pela crescente demanda no mercado de frutas frescas. A expansão dos pomares foi significativa e, atualmente, o maracujazeiro é cultivado em quase todo o território nacional (Melletti et al., 2005), o que faz do país o maior produtor mundial de maracujá com aproximadamente 36 mil hectares de área cultivada e produção anual superior a 479 mil toneladas (Agrianual, 2008).

No Brasil, as espécies *P. alata* (maracujazeiro Doce), *P. edulis* f. *edulis* (maracujazeiro Roxo) e *P. edulis* f. *flavicarpa* (maracujazeiro Amarelo) são as mais utilizadas comercialmente e, essa última, representa mais de 90% da área cultivada e os 10% restantes referem-se ao maracujá Roxo e Doce (Kluge, 1998).

O crescimento da produção de maracujá tem gerado intensa demanda por informações técnicas e um aspecto comumente abordado é a obtenção de mudas de boa qualidade (Meletti, 2002).

A propagação de maracujazeiros pode ser feita de forma sexuada, por meio de sementes e assexuada, pela utilização da estaquia, enxertia, alporquia e cultura de tecidos *in vitro* (Kluge, 1998; Ferreira, 2000; Costa et al., 2005). Com a expansão dos pomares tornaram-se frequentes problemas com patógenos de solo que causam prejuízos e/ou inviabilizam a cultura e, nestes casos, a enxertia sobre outras espécies de maracujazeiros resistentes apresenta-se como solução para o problema, sendo recomendada por diversos autores (Pace, 1984; São José, 1991; Ruggiero, 2000; Meletti; Bruckner, 2000).

No Brasil, ainda são escassas as informações sobre o comportamento de maracujazeiros enxertados sobre passifloras silvestres. As dificuldades encontradas consistem no fato dos porta enxertos oriundos de sementes de espécies silvestres apresentarem caules finos e, portanto, incompatíveis com o diâmetro dos enxertos que são obtidos de plantas adultas e, também, a baixa taxa de germinação das sementes e/ou desenvolvimento lento das mudas (Menezes et al., 1994; Meletti; Bruckner, 2001). Estes problemas dificultam o processo de enxertia, aumentam o custo de produção e o tempo requerido para a formação das mudas (Siqueira; Pereira, 2001).

Dentre as espécies potencialmente importantes como porta enxerto encontra-se a *Passiflora cincinnata*, uma vez que ela é tolerante a nematóides, fungos, doenças e, também, tolerante à seca (Ferreira; Oliveira, 1991; São José, 1994; Araújo et al., 2004). Segundo

Coelho (2009) as plantas dessa espécie são vigorosas e apresentam genes de resistência aos estresses bióticos e abióticos.

Segundo Araújo et al. (2004), a Embrapa vêm realizando estudos na tentativa de obter plantas frutíferas adaptadas às condições do semi-árido e, a espécie *Passiflora cincinnata* tem demonstrado resultados promissores. Acredita-se que a espécie, quando utilizada como porta enxerto de maracujazeiros comerciais, ofereça resistência ao estresse hídrico.

Dessa forma, aspectos relacionados à enxertia e o efeito da mesma no desenvolvimento e fisiologia de plantas de maracujazeiros comerciais se apresentam como nova etapa dos estudos com a espécie.

De acordo com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a anatomia da enxertia e a influência do porta enxerto (*Passiflora cincinnata* Mast.) no desenvolvimento inicial de maracujazeiros comerciais (*P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* e *Passiflora alata*), bem como, nas respostas ao estresse hídrico de plantas de *P. edulis* f. *edulis*.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Maracujás: Espécies comerciais

“Maracujá” é uma denominação indígena de origem tupi que significa “alimento em forma de cuia”. Trata-se de fruto silvestre bastante apreciado pelos nativos que os primeiros descobridores conheceram nas Américas (Meletti, 1995; Meletti, 2000).

A primeira descrição que se tem notícia foi feita em 1569 sob o nome genérico de *granadilla*, a partir de uma planta enviada da América ao Papa Paulo V, que mandou cultivá-la em Roma, por considerá-la uma revelação divina, pois, a particular morfologia de sua flor sugere correlação com os símbolos da Paixão de Cristo. Originou-se daí uma denominação bastante mística, de “flor-da-paixão”, nome popular pouco usual no Brasil e, também, o nome científico do gênero: *Passiflora* (do latim passio: paixão e flos: flor) (Hoehne, 1946; Ruggiero et al., 1996).

O maracujá pertence à ordem Passiflorales, tribo Passiflorae e família Passifloraceae. Esta família pertence à Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliatae, subclasse Dillenidae, Ordem Violales e Família Passifloraceae (Cronquist, 1988 citado por Kluge, 1998). Esta família que é constituída de um agrupamento natural de famílias, originárias das Theales, uma ordem primitiva, apresenta os seguintes gêneros: *Adenia*, *Chlorophoranthus*, *Crossostemma*, *Deidania*, *Dilkea*, *Echinothamus*, *Hollrungia*, *Machadoa*, *Mitostemma*, *Modecca*, *Parapsia*, *Passiflora*, *Schlechterina*, *Smeathmannia*, *Tetrapathaea*, *Tetrastylis* e *Tryphostemma*. Os gêneros *Dilkea* e *Passiflorae* são os únicos existentes no Brasil e o segundo é composto de 24 subgêneros e, aproximadamente, 465 espécies (Killip, 1938; Leitão Filho; Aranha, 1974).

Dentre as 465 espécies do gênero *Passiflora* temos 150 a 200 originárias do Brasil, que podem ser utilizadas para fins alimentícios, medicinais e ornamentais, muitas das quais com finalidades múltiplas. De maneira geral, os frutos de maracujá são ricos em sais minerais e vitaminas, sobretudo A, C e do complexo B; também, apresentam propriedades farmacológicas e valor ornamental (Ferreira; Oliveira, 1991; Lorenzi; Matos, 2002).

Frutos comestíveis podem ser obtidos a partir de, aproximadamente, 70 espécies (Pereira et al., 1971). No entanto, a maioria delas são pouco exploradas comercial e industrialmente, sendo *P. alata* Dryander (maracujazeiro Doce), *P. edulis* f. *edulis* Sims. (maracujazeiro Roxo) e *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg. (maracujazeiro Amarelo) as espécies mais utilizadas. Essa última é considerada a mais importante economicamente e a mais cultivada (Couceiro, 2002) e, juntamente com a espécie *P. edulis* f. *edulis* (maracujá Roxo), ocupam mais de 90% da área cultivada com maracujá no mundo (Junqueira et al., 2004). No Brasil,

em cerca de 90% da área cultivada é utilizado o maracujá Amarelo e os 10% restantes, referem-se ao maracujá Roxo e Doce (Kluge, 1998).

Outras espécies, com pouca expressão econômica, também são cultivadas e difundidas no Brasil e na América Tropical, como as espécies *Passiflora quadrangularis* L., *P. caerulea* L. e *P. laurifolia* L. e, mais esporadicamente, *P. ligularis* Juss., *P. macrocarpa* L., *P. raddiana* DC. e *P. capsularis* L. (Leitão Filho; Aranha, 1974; Kluge, 1998).

As espécies de maracujá são consideradas perenes ou, em sua grande maioria, semi-perenes, existindo espécies anuais em pequeno número (Vanderplank, 1996).

A espécie *P. edulis* f. *flavicarpa*, popularmente conhecida como maracujá Amarelo ou maracujá Azedo (Bernacci et al., 2003) é originária da América Tropical, intensamente cultivada em países de clima tropical e subtropical (Frutiséries, 2002). Nativa do Brasil é encontrada praticamente em todo o território nacional (Cervi, 1996). Ocorre ainda no Paraguai, norte da Argentina, Jamaica, em algumas ilhas das Índias Ocidentais (Bermudas, Porto Rico, Martinica e Ilha Trinidad), na América Central, norte da Venezuela e Equador (Bernacci et al., 2003). É semi-perene e alógama. Sua alogamia é assegurada, principalmente, por ser uma espécie auto incompatível, com possibilidade de interincompatibilidade (Pereira et al., 2004). Apresenta grande polimorfismo foliar podendo ser encontradas espécimes com folhas simples inteiras, lobadas e trilobadas e 3-5-palmatipartidas (Cervi, 1996). Apresenta glândulas nas margens das sépalas e corona com seis a sete séries de filamentos (Farinazzo et al., 2007).

O maracujá Roxo possui sabor diferenciado, agradável, menos ácido e mais aromático que o maracujá Amarelo, ocupando espaço importante no mercado de frutas frescas. Agrada também pela aparência externa, uma vez que possui casca roxa e suas características diferenciadas resultam em agregação de valor ao produto (Meletti, 2006). Na Austrália cultivam-se, principalmente, híbridos de maracujá Roxo e maracujá Amarelo, de casca roxa ou rosada (Meletti; Brückner, 2001). No Brasil o maracujá Roxo é pouco produzido, provavelmente devido a sua baixa aceitação no mercado atacadista (Borges et al., 2005). A planta é trepadeira lenhosa, muito vigorosa e de crescimento rápido. Os frutos são ovóides ou globosos e de cor púrpura quando maduro com casca externa dura, polpa adocicada e aromática. É mais indicado para cultivo em locais de alta altitude e clima frio (Costa et al., 2005).

Já a espécie *Passiflora alata*, conhecida popularmente como maracujá Doce, maracujá-de-refresco, maracujá-guaçu, maracujá-açu, maracujá-grande (Pereira et al., 1971;

Bernacci et al., 2003) é nativa da América do Sul, sendo encontrada no Brasil, Peru, Paraguai e Argentina (Killip, 1938; Bernacci et al., 2003).

O maracujá Doce diferencia-se das demais espécies por apresentar ramo tetragonal, alado e pedicelo floral trígono (Farinazzo, 2007). Floresce praticamente o ano todo com frutificação de junho a outubro. É cultivada como planta ornamental, planta medicinal e como frutos comestíveis (Lorenzi; Moreira, 1995; Bernacci et al., 2003). O fruto é amarelado quando maduro, apresentando de 8 a 10 cm de comprimento por 4 a 6 cm de largura; a forma é oboval/oval com sabor doce-acidulado. É considerado alternativa para o mercado, já que alcança ótimos preços no mercado de frutas frescas (Vasconcellos; Cereda, 1994).

## **2.2 *Passiflora cincinnata* Mast.**

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. é silvestre, da qual se conhece pouco (Aponte; Jáuregui, 2004b). É popularmente conhecida como maracujá mochila, maracujá do mato ou maracujá tubarão (Nunes; Queiroz, 2001; Bernacci et al., 2003). Pode ser aproveitada como fruto comestível, planta ornamental ou como planta medicinal (Aponte; Jáuregui, 2004a; Bernacci et al., 2003) e, também, em programas de melhoramento genético (Lombardi, 2003; Aponte; Jáuregui, 2004a), uma vez que as plantas são vigorosas e apresentam genes de resistência aos estresses bióticos e abióticos (Coelho, 2009).

As folhas são utilizadas para o tratamento da hipotensão e como anti-inflamatório e os frutos como calmante e antitussígeno (Agra et al., 1996). Na região Nordeste, o fruto é comercializado na entressafra do maracujá Amarelo, representando uma opção de renda para os pequenos agricultores, uma vez que é adaptada às condições locais de cultivo, por ser nativa da região (Oliveira Junior et al., 2010).

É considerada potencialmente importante para uso como porta enxerto, uma vez que, é tolerante a bactérias (*Epicauta atomaria* e *Xanthomonas campestris*) (São José, 1994; Oliveira; Ruggiero, 1998; Meletti et al., 2002) e apresenta também, tolerância a nematóides (*Meloidogyne sp*) e à seca (Ferreira; Oliveira, 1991; Ruggiero; Oliveira, 1998; Araújo et al., 2004; Coelho, 2009).

A espécie possui ampla distribuição, principalmente na América tropical, ocorrendo desde o sul da América do Norte até a América do Sul, ao longo da costa brasileira (Agra et al., 1996), também no Paraguai, Argentina, Bolívia, Venezuela e Colômbia (Bernacci et al., 2003). Segundo Durigan et al. (2004), a espécie é bem distribuída no Estado de São Paulo onde ocorre, principalmente, no cerrado.

A planta é perene e pode chegar a 4,5 m de comprimento, apresenta gavinhas espiraladas com 6,0 a 12,0 cm de comprimento e 0,1 cm de diâmetro (Nunes; Queiroz, 2001). É heliófita, comum na borda e interior de matas e cerrados e na beira de estradas (Bernacci et al., 2003) e devido ao crescimento vigoroso e hábito trepador é considerada, no litoral do Nordeste, como planta daninha (Nunes; Queiroz, 2001).

A planta é trepadeira, possui a base do caule com quilhas suberosas e pecíolo velutino a glabro com um par de nectários sésseis e crateriformes (Bernacci et al., 2003). Possui folhas simples, alternas, longo-pecioladas, 3-5 lobadas ou 3-5 partidas, lobos ou segmentos oblongos ou ovado-oblongos, cerca de 5 cm de comprimento e 2,5 cm de largura, base do limbo largo-inciso-cordada, ápice dos lobos arredondados ou agudos, geralmente mucronado, margem crenulada e esparsamente pilosas (Durigan et al., 2004).

As flores são vistosas, grandes e perfumadas (Nunes; Queiroz, 2001) e solitárias medindo de 5 a 10 cm; possui pedicelo articulado; brácteas verticiladas e membranáceas, concavo-ovadas, velutinas e glabras, frequentemente glandulares, verde-pálidas; hipanto campanulado; sépala subcoriácea, oblongo lanceolada, dorso carenado, velutino a glabro e verde, ventre azul rosado a alvo; pétala oblongo-lanceolada, azul-arroxeadas; corona em várias séries, a externa filiforme, no ápice bandeada de roxo a lilás e rosa a alvo, as internas menores no centro, lineares, roxas a lilases; opérculo membranoso e horizontal com projeção reflexa encaixante no limen em duas séries de filamentos captados e eretos; nectário anular; limen cupuliforme; androginóforo com alargamento próximo ao meio; filete; antera; ovário elíptico a fusiforme, glabro e estilete caloso na base (Bernacci et al., 2003).

A abertura das flores de *P. cincinnata* inicia-se a partir das 5 horas da manhã e permanecem abertas até o final da tarde (Araújo, 2007). Já, segundo Aponte e Jáuregui (2004a) as flores se abrem entre as sete e meia e oito e meia da manhã e se fecham após 24 horas. Segundo os autores a deiscência das anteras ocorre antes da antese e o sistema de reprodução mais eficiente é a polinização cruzada. Já os grãos de pólen são de forma esférica com exina reticulada, recoberto por composto amarelado rico em lipídios.

Geralmente, floresce entre agosto e maio (Bermacci, 2003) e o tempo transcorrido desde o momento da fecundação até o amadurecimento do fruto é de 107 a 129 dias (Aponte; Jáuregui 2004b).

Os frutos são bagas ovóides com 5,0-6,0 cm de diâmetro. As sementes têm 0,6 x 0,3 cm de diâmetro, são ovais, faveoladas e negras (Nunes; Queiroz, 2001). A semente é obovada com ápice assimétrico, truncada e mucronada, enegrecida, reticulada (Bermacci, 2003) e pode apresentar período de dormência superior a dois anos (Meletti et al., 2002).



A dormência de suas sementes tem sido relacionadas com mecanismos de controle da entrada de água para o seu interior, o que tem relação com a dureza do tegumento das sementes de passifloráceas mencionado por Morley-Bunker (1974). No entanto, a dormência das sementes de *P. cincinnata* não está relacionada com este mecanismo, pois, Zucareli (2007) observou que estas não apresentam impermeabilidade à água, não sendo necessária a escarificação das sementes, conforme recomendado por diversos autores.

A ausência de luz e alternância de temperatura (20-30°C; 16 e 8 horas, respectivamente) favorecem a germinação das sementes desta espécie e o uso de reguladores vegetais, GA<sub>4+7</sub> + N-(fenilmetil)-aminopurina na concentração de 400 mg L<sup>-1</sup> é eficiente na superação da dormência das mesmas (Zucareli et al., 2009a), tanto em condições de laboratório, como em casa de vegetação (Zucareli et al., 2009b).

Assim, uma vez solucionada a dificuldade de germinação da espécie, faz-se necessário estudos relacionados à sua utilização como porta enxerto de maracujazeiros comerciais, no que se refere à compatibilidade, crescimento e desenvolvimento inicial das mudas e tolerância das plantas enxertadas ao estresse hídrico.

## 2.2 Enxertia

A técnica de enxertia iniciou-se na Itália e na Europa a partir dos anos 60, mas assumiu importância com o desenvolvimento da fruticultura industrial sendo o principal método de propagação vegetativa na fruticultura, atualmente (Loreti, 2008).

O porta enxerto pode pertencer à mesma espécie ou gênero, mas geralmente são utilizadas as que mais diferem geneticamente dentro da mesma espécie ou gênero (Pina; Errea, 2005).

A união do enxerto é a base da enxertia, que se dá pelo entrelaçamento do tecido caloso, oriundo dos câmbios do porta enxerto e enxerto. Essas células do calo, que são parenquimatosas, diferenciam-se em novo tecido cambial, que por sua vez, continua a diferenciação formando nova conexão viva entre o sistema radicial (porta enxerto) e a copa (enxerto) (Janick, 1966).

Nogueira Filho et al. (2010a) estudaram os aspectos histológicos da união da enxertia hipocotiledonar do maracujazeiros comercial *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e não verificaram diferenças anatômicas na formação da união da enxertia entre a espécie copa e os sete porta enxertos utilizados. Observaram também que, um mês após a realização da enxertia, a conexão entre os tecidos vasculares do enxerto e do porta enxerto já havia se completado. No

entanto, os autores não mencionam quais foram os porta enxertos utilizados, o que dificulta a discussão e entendimento do trabalho.

Em estudo com uso de microscopia eletrônica de varredura, Nogueira Filho et al. (2010b) verificaram que quando o maracujazeiro Amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) foi enxertado sobre *P. alata* a soldadura ocorreu aos seis dias após a enxertia (DAE). Já quando enxertada sobre a própria espécie a soldadura só aconteceu aos nove DAE.

Aspéctos bioquímicos também estão relacionados com o pegamento da enxertia. Segundo Santamour (1992), para se obter o funcionamento do sistema vascular na união do enxerto com o porta enxerto é necessário que as peroxidases em ambos sejam similares para, assim, ocorrer a produção de ligninas pois, plantas que possuem semelhanças de peroxidases, raramente apresentam incompatibilidade.

As peroxidases atuam na biossíntese de etileno, na lignificação, além da destruição das auxinas, devido ao fato destas se apresentarem na forma de isoenzimas que participam de diferentes reações bioquímicas (Dencheva; Klisurka, 1982) que utilizam o  $H_2O_2$  para oxidar um grande número de doadores de hidrogênio, nos compostos fenólicos, esses participam de vários processos fisiológicos e desenvolvem seu papel na síntese de lignina e na incompatibilidade do enxerto (Gaspar et al., 1982).

Em pessegueiro, Rodrigues et al. (2002) observaram o que o porta enxerto Mirabolano apresentou maiores valores de atividade das peroxidases na casca e no lenho, podendo desta forma, representar um fator fisiológico e bioquímico de incompatibilidade quando enxertado com cultivares de menor atividade das peroxidases. Outro fator de importância que deve-se levar em consideração segundo os autores, é a idade dos porta enxertos na época da enxertia. Por ser um tecido um pouco mais velho que a gema enxertada, as atividades da peroxidase e fenóis são maiores, favorecendo desta forma, a união de enxertos com maior atividade da peroxidase e concentração de fenóis elevadas.

A enxertia é recomendada no sentido de garantir sanidade às plantas por meio do uso de porta enxertos tolerantes e/ou resistentes a insetos e doenças. Esta prática prolonga a vida útil das plantas, preserva a qualidade do material genético e pode perenizar a cultura do maracujazeiro contribuindo assim, para a implantação de pomares tecnicamente superiores àqueles formados por plantas oriundas de sementes (Lima, 2004). Também garante vantagens devido à produção de plantas semelhantes, mais resistentes às pragas, doenças e à seca, redução do volume de copa e melhoria na qualidade de suco (Ruggiero et al., 1994 citado por Kluge, 1998).

Na escolha dos porta enxertos devem ser considerados os patógenos do solo que atacam a cultura, as espécies resistentes a estes patógenos, os métodos de propagação, a compatibilidade para enxertia e a produtividade (Braga et al., 2006).

No Brasil, algumas regiões de cultivo comercial de maracujá Amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) enfrentam problemas com patógenos de solo, que têm causado sérios prejuízos e, até mesmo, inviabilizado o cultivo (Braga et al., 2006). Segundo o autor, ainda não existem cultivares resistentes, o que se coloca como um dos desafios para o melhoramento genético e uma solução a curto prazo seria o uso de plantas enxertadas. Porém, em maracujazeiros, no Brasil esse método de propagação não é utilizado em escala comercial, ao contrário do que ocorre na África do Sul, onde o principal método de propagação do maracujazeiro é por enxertia (Grech; Rijkenberg, 1991).

Na Austrália, o método de enxertia da garfagem do topo em fenda cheia é o mais empregado para o maracujazeiro (Manica, 1981). No Brasil, a garfagem do topo em fenda cheia tem apresentado pegamento de até 90%. Esse método consiste em se transferir da planta-matriz um ramo (enxerto) para outra planta (porta enxerto) (Lima, 2004).

Mais recentemente, tem sido recomendada a enxertia hipocotiledonar, que consiste em fazer, no porta enxerto, uma pequena fenda na superfície do caule logo abaixo das folhas cotiledonares, onde será inserido a copa de plantas jovens de seis a oito centímetros da espécie ou variedade que se deseja enxertar. Segundo Kimura (1994) essa técnica tem apresentado excelente rendimento sendo uma metodologia simples que proporciona redução de tempo para a formação da muda quando comparada à enxertia em mudas desenvolvidas. No entanto, Ruggiero e Oliveira (1998) ressaltam que esse método, embora apresente maior pegamento, garante apenas as vantagens do porta enxerto, pois no enxerto, haverá a mesma heterogeneidade observada nas plantas propagadas de forma sexuada, já que as plantas são obtidas via semente.

Para Lima (2004) a enxertia em maracujazeiros precisa ser alvo de mais trabalhos de pesquisa devido a sua importância nos trabalhos de melhoramento genético e, principalmente, no controle de doenças do sistema radicular.

Yamashiro e Landgraf (1979) utilizaram *P. alata* como porta enxerto para maracujá Amarelo em comparação com plantas não enxertadas, cultivadas em área com nível constante de inóculo de *Fusarium* e observaram que as plantas enxertadas foram as únicas sobreviventes, produzindo 30 toneladas por hectare ano<sup>-1</sup> e com precocidade de produção.

Oliveira et al. (1984), em estudos com *P. edulis* enxertadas sobre *P. giberti*, constataram, em área com histórico de ocorrência de morte prematura de plantas, que dos 30

enxertos só dois morreram, enquanto das 50 plantas não enxertadas somente duas sobreviveram. Em estudo semelhante, Seixas et al. (1988) utilizaram *P. macrocarpa* como porta enxerto para maracujá Amarelo e, após cultivo por dois anos e meio em área com histórico de morte prematura de plantas e presença de nematóides, observaram que 44,0% das plantas sobreviveram, ao passo que todas as plantas não enxertadas pereceram.

Pace (1984) estudou quatro métodos de enxertia em *P. edulis* f. *flavicarpa* utilizando como porta enxerto a espécie *P. caerulea* e concluiu que a garfagem lateral foi o melhor método, com 89,3% de pegamento e que esse sistema de enxertia, com as plantas no local definitivo, foi tecnicamente viável.

Lima et al. (1999) estudaram o desempenho dos porta enxertos *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. giberti*, *P. alata*, *P. caerulea*, *P. cincinnata* e *P. foetida* e observaram que, à exceção de *Passiflora foetida* e *P. giberti*, todas as espécies mostraram-se promissoras como porta enxertos para o maracujá Amarelo, embora com diferentes percentuais de pegamento, sobressaindo-se as espécies *P. cincinnata* (73%) e *P. caerulea* (74%) como as mais eficientes.

Chávez et al. (2004) estudaram a viabilidade da enxertia de maracujá comercial em estacas herbáceas enraizadas de quatro espécies de passifloras nativas (*Passiflora setacea*, *P. nítida*, *P. caerulea* e *P. actínia*) e de um híbrido F1 (*P. setacea* x *P. edulis* f. *flavicarpa*) e concluíram que a produção de mudas de maracujazeiro Azedo por enxertia em estacas herbáceas enraizadas de *P. nítida* e em híbrido F1 (*P. setacea* x *P. edulis* f. *flavicarpa*) é tecnicamente viável, não havendo problemas de pegamento devido a diferenças entre os diâmetros do caule do porta enxerto e do garfo da cultivar comercial.

Silva et al. (2005) estudaram a viabilidade da enxertia de mesa do maracujazeiro Amarelo (*P. edulis* Sims f. *flavicarpa*) sobre o maracujazeiro Doce (*P. alata*) e concluíram que a técnica de enxertia de mesa, quando aplicada ao maracujazeiro, mostrou-se viável, com excelente sobrevivência (96,8%) e enraizamento das estacas (85,6%).

Ao avaliar a reação a doenças, produtividade e características físicas de frutos de um clone de maracujazeiro Amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) propagado por estaquia, por enxertia em estacas herbáceas enraizadas de *P. nitida* e por sementes, Junqueira et al. (2006) observaram que a propagação de maracujazeiro Azedo com uso de enxertia em estacas enraizadas de *P. nitida* e por meio de estaquia é tecnicamente viável sendo, as plantas propagadas por enxertia e estaquia menos afetadas por doenças. No entanto, as plantas propagadas por estaquia foram mais produtivas. Os autores ressaltam a importância de mais estudos sobre estes tipos de propagação, bem como das espécies com potencial para porta enxerto.

Em estudo que avaliou o uso de câmara úmida em enxertia convencional de maracujazeiro Amarelo sobre três porta enxertos, Corrêa et al. (2010) concluíram que os porta enxertos *P. edulis* e *P. gibertii* apresentaram resultados significativamente superiores (aproximadamente, 100% de sobrevivência) ao *P. alata* (76%) e que, o uso de câmara úmida no período pós enxertia favoreceu a porcentagem de pegamento dos enxertos em *P. alata* e foi indiferente para *P. edulis* e *P. gibertii*.

O desenvolvimento de plantas de maracujazeiro Amarelo sobre a espécie *P. cincinnata* foi estudado por Nogueira Filho et al. (2010c) que observaram boa relação enxerto/porta enxerto e, embora as plantas não enxertadas tenham apresentado maior desenvolvimento, os autores recomendaram o uso do porta enxerto. No entanto, o estudo foi em fase inicial do desenvolvimento e em condições de campo, não sendo realizadas avaliações destrutivas o que impossibilita a compreensão da fisiologia da planta enxertada e comportamento da distribuição da massa seca.

Inúmeros trabalhos têm demonstrado a influência positiva da enxertia sobre a absorção e composição mineral das plantas (Smith, 1975; Economides, 1976; Lima et al., 1980). Os processos da absorção, transporte e redistribuição de nutrientes apresentam controle genético, mas existe a possibilidade de melhorar e, ou, selecionar cultivares mais eficientes quanto à absorção, transporte e redistribuição dos mesmos (Gabelman; Gerloff, 1983).

Não foram encontrados na literatura trabalhos relacionados à influência do porta enxerto na absorção de minerais em maracujazeiros. Para alguns autores, há carência de estudos sobre os aspectos anatômicos, morfológicos e fisiológicos das passifloráceas (Vasconcellos; Duarte Filho, 2000; Vasconcellos et al., 2002) sendo esses, ainda mais escassos, em se tratando da fisiologia das plantas enxertadas.

Citando outras espécies, Albuquerque e Dechen (2000) estudaram a absorção de macronutrientes por porta enxertos de videira produzidos em sistema hidropônico e observaram diferenças significativas nas concentrações de nutrientes do enxerto sobre diversos porta enxertos. Em cafeeiro, Alves (1986) observou que o uso do genótipo 'Catimor', como porta enxerto, proporcionou acréscimos nos teores de P e K nas folhas de cafeeiro 'Mundo Novo' e 'Caturra' quando comparados com as plantas não enxertadas.

Fahl et al. (1998), em experimento de enxertia de *Coffea arabica* L., verificaram que as plantas enxertadas apresentavam maiores teores foliares de K e menores teores de Mn do que as não enxertadas.

Dessa forma, observa-se que a enxertia pode interferir nos teores de minerais das plantas e a nutrição pode influenciar direta e indiretamente no metabolismo do carbono

devido a sua influência no crescimento e na morfogênese. Os íons estão envolvidos em processos de movimento das células estomáticas, transporte nos cloroplastos e, também, são componentes integrantes de enzimas e pigmentos, ou ainda, ativadores diretos do processo fotossintético (Larcher, 2006; Taiz; Zeiger, 2009).

A absorção de íons pelas raízes, também pode estar relacionada com a interferência da enxertia nas trocas gasosas, pois, dentre os fatores que podem interferir na condutância estomática está a nutrição mineral (Wong et al., 1979; Von Caemmerer; Farquhar, 1981; Marschner, 1995; Epstein; Bloom, 2006).

### **2.3 Enxertia e Trocas Gasosas**

A assimilação de CO<sub>2</sub>, bem como as trocas gasosas de forma geral, mostram aspectos relacionados ao balanço de carbono na planta que é o principal fator para o incremento de matéria seca e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Tedeschi et al., 2005). Castro Neto (2003) sugere o uso dessas variáveis para estudos de relações hídricas do vegetal, uma vez que o processo transpiratório reflete a disponibilidade de água na planta.

A transpiração é resultante da difusão de vapores de água através dos estômatos abertos, mas quando estes estão fechados, se estabelece nas plantas certa resistência à perda de água, com reflexo sobre as atividades metabólicas (Silva et al., 2001).

O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos é influenciado por fatores do ambiente (Silva et al., 2001) e são considerados o principal limitante da fotossíntese (Chaves, 1991), pois o fechamento provoca limitação na absorção de dióxido de carbono e, em consequência, decréscimo na concentração intracelular de CO<sub>2</sub> (Bjorkman, 1989).

Segundo Brandão Filho et al. (2003), a enxertia pode influenciar nas trocas gasosas e no transporte de água do sistema radicial até a parte aérea. Os autores estudaram a influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido e observaram que a enxertia não alterou a capacidade fotossintética das plantas. Porém, as plantas enxertadas apresentaram maior eficiência no uso de água para os dois híbridos e os autores atribuíram os resultados à redução da condutância estomática. Para eles, a enxertia pode ter influenciado na condutividade hidráulica da planta.

A influência da enxertia nas trocas gasosas se deve, não somente à absorção de água, mas também, à maior ou menor síntese e transporte hormonal visto que, pela síntese de citocininas, ácido abscísico (ABA) e giberelinas (GA), o sistema radicial desempenha papel importante na regulação hormonal durante o crescimento das plantas (Itai; Birnbaum, 1991).

As citocininas são os principais hormônios vegetais sintetizados nas raízes, sendo transportadas para a parte aérea onde promovem influência no crescimento. Portanto, plantas com sistema radicial vigoroso produzem mais citocininas e, conseqüentemente, podem ter sua produtividade aumentada (Kato; Lou, 1989). Além da divisão celular, as citocininas estão envolvidas na diferenciação e alongamento celular, crescimento e senescência foliar, dominância apical, germinação de sementes, diferenciação e desenvolvimento de organelas, atividade enzimática, abertura estomática, desenvolvimento de frutos e hidrólise de reservas de sementes (Davies, 1995; Taiz; Zeiger, 2009).

O ABA também é sintetizado nas raízes das plantas e, principalmente, sob estresse hídrico, o sistema radicial contribui para aumentar os teores deste hormônio nas folhas. Dentre outros efeitos fisiológicos, o ABA induz o fechamento estomático e à medida que os estômatos se fecham durante os estádios iniciais do estresse hídrico, a eficiência do uso da água pode aumentar porque o fechamento estomático inibe mais a transpiração do que diminui as concentrações intercelulares de CO<sub>2</sub> (Taiz; Zeiger, 2009). Segundo os mesmos autores a inibição do crescimento da parte aérea e da expansão celular, bem como, o aumento do crescimento do sistema radicial também são efeitos fisiológicos relacionados ao ABA.

#### **2.4 Maracujazeiros e Deficiência Hídrica**

O maracujazeiro se desenvolve bem nas regiões tropicais e subtropicais, sendo, portanto, de clima quente e úmido. Dos fatores do clima, a temperatura, precipitação, umidade relativa e luminosidade exercem importante influência sobre a longevidade e o rendimento das plantas, bem como, favorecem a incidência de pragas e doenças. O Brasil, como centro de diversidade do maracujazeiro, apresenta condições excelentes para o seu cultivo (Gomes, 1973). O mesmo autor, já na década de 70, mencionava a escassez de estudos que especificassem melhor os requerimentos climáticos da cultura e, na atualidade, pode ser notado na literatura que ainda há poucos trabalhos relacionados a estes aspectos.

O maracujazeiro mantém um ritmo de desenvolvimento contínuo, deste modo, necessita de distribuição constante de precipitações pluviais. A demanda de água varia de 800 a 1750 mm, bem distribuídos durante o ano (São José et al., 1994).

A cultura requer cerca de 60 a 120 mm de água mensal, que pode ser fornecida por meio de precipitações pluviais e, ou complementada por meio de irrigação (São José et al., 1994). Para o seu bom desenvolvimento uma planta necessita, aproximadamente, 10 litros ou mais de água por dia para manter-se devidamente suprida (Cavalcante et al., 2001).

O teor de água no solo é um dos fatores que mais influenciam o florescimento da cultura do maracujá (Vasconcellos; Cereda, 1994). Chuvas intensas no período do florescimento são prejudiciais à produção, já que dificultam a polinização, em virtude do grão de pólen romper-se em contato com a umidade, além de diminuir a atividade dos insetos polinizadores (Gomes, 1973).

Em contrapartida, a falta de umidade no solo provoca a queda das folhas e dos frutos, principalmente, no início de seu desenvolvimento (Manica, 1981; Ruggiero et al., 1996). Também, reduz o desenvolvimento, a floração e a produção (Cavalcante et al., 2001) e quando os frutos chegam a se formar podem crescer com enrugamento, prejudicando a qualidade da produção (Manica, 1981; Ruggiero et al., 1996) refletindo em redução da produtividade, por isso o cultivo torna-se economicamente viável sob regime de irrigação (Araujo et al., 2000; Silva; Klar, 2002; Sousa et al., 2003).

No estresse hídrico um dos efeitos mais visíveis na planta é a redução da área foliar, consequência da redução da turgescência e do alongamento celular (Ludlow et al., 1980). A escassez de água no solo afeta a hidratação dos tecidos da planta formando ramos menores, com menor número de nós e comprimento de internós, refletindo, conseqüentemente, no número de botões florais e flores abertas (Manzel et al., 1986) e influencia também na partição de assimilados da planta, favorecendo a parte radicial em detrimento da parte aérea (Turner, 1986).

A enxertia induz significativas mudanças em quase todos os aspectos do desenvolvimento e a tolerância à baixa temperatura, seca, inundação e ao estresse salino que podem ser influenciados pelo porta enxerto (Matsubara, 1989). Para Carbonneau (1985) sob deficiência hídrica a interação entre porta enxerto e enxerto pode se tornar mais significativa, podendo as diferenças na capacidade do sistema radicial dos porta enxertos em absorver água ser responsável pelas variações no grau de tolerância à seca da cultivar copa.

Segundo Ruggiero e Oliveira (1998) a constatação de que plantas de *Passiflora caerulea*, mesmo sob condições de estiagem, apresentavam crescimento vegetativo despertou, já em 1994, a atenção para possíveis espécies que serviriam como porta enxertos a serem empregados em áreas com restrição hídrica.

Segundo Araújo et al. (2004), o uso de porta enxertos resistentes à seca, como *Passiflora cincinnata* Mast., pode oferecer condições de cultivo do maracujá comercial em condições de déficit hídrico.

A característica de tolerância à seca indica a capacidade da espécie vegetal de crescer e se desenvolver na ausência de condições ideais de disponibilidade hídrica, minimizando as



perdas de produção (Boyer, 1996). As plantas possuem diversos processos fisiológicos e genéticos que permitem a adaptação às condições de limitada disponibilidade hídrica no solo (Boyer, 1996). Um deles é o aumento do nível de ABA produzido pelas raízes que atua como emissor de sinais do sistema radicial para a parte aérea, assim que as primeiras evidências de falta d'água são percebidas (Tardieu; Davies, 1993, Taiz; Zeiger, 2009). Estes sinais do sistema radicial permitem às plantas responderem às mudanças das condições hídricas do solo e encontram-se estreitamente relacionados com a redução da abertura dos estômatos e da atividade fotossintética das folhas de plantas não irrigadas (During, 1992; Taiz; Zeiger, 2009).

O acúmulo de ABA no mesófilo foliar e, conseqüentemente, nas células guarda, induz ao fechamento dos estômatos, reduzindo assim, as perdas de água por transpiração e permitindo as plantas suportarem as situações de déficit hídrico (During; Scienza, 1980; Taiz; Zeiger, 2009).

Outro processo fisiológico que permite a adaptação ao estresse hídrico é o aumento de solutos intracelulares que permite um ajustamento osmótico e ajuda a manter a turgescência da folha e a fotossíntese (Bray, 1993). Dentre os principais solutos que contribuem para esse ajustamento osmótico são citados o aminoácido prolina, açúcares solúveis, o íon potássio (Sharp, 1996) e, também, o acúmulo de poliaminas, como a putrescina (Fumis; Pedras, 2002).

Uma alteração metabólica importante para as plantas durante o estresse hídrico é o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs ou ROS) (Apel; Hirt, 2004). Os organismos aeróbicos necessitam de  $O_2$  como acceptor de elétrons para a produção eficaz de energia. No entanto, o oxigênio é uma fonte oxidante, tornando-se impossível impedir oxidações secundárias promovidas por esta molécula, não envolvidas no metabolismo fisiológico, que podem ter conseqüências graves se os seus produtos não forem neutralizados por um sistema antioxidante eficiente (Sorg, 2004). A geração de espécies reativas de oxigênio constitui resposta primária da planta ao estresse de natureza biótica e abiótica, caracterizando um dano oxidativo (Chandru et al., 2003).

Os principais alvos biológicos dos radicais livres e das ROS são as proteínas, cuja oxidação conduz à perda de função ou à degradação prematura nos proteossomas; os lípidios, cuja oxidação altera as propriedades físicas das membranas celulares e, conseqüentemente, a sua função; o DNA, cuja oxidação pode conduzir a mutações gênicas, à síntese protéica anormal, à alteração na expressão gênica e à morte celular (Sorg, 2004).

Em plantas sob deficiência hídrica ocorrem alterações no transporte de elétrons mediado pelos radicais superóxido formados ( $O_2^-$ ) que competem com o  $NADP^+$  para redução no fotossistema I (Reddy et al., 2004). Como conseqüência pode ocorrer perda e redução das

proteínas D1 e D2 do fotossistema II (Reddy et al., 2004). A diminuição da assimilação de  $\text{CO}_2$ , a redução das atividades dos fotossistemas e alteração no sistema de transporte de elétrons, aceleram a geração de ROS, via cloroplasto (Asada, 1999).

Para evitar o acúmulo de ROS as plantas possuem sistemas de defesa antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos muito eficientes, que permitem a eliminação dessas espécies ativas e a proteção contra os danos oxidativos. Este sistema de defesa das plantas inclui diversas enzimas antioxidantes nos diferentes compartimentos celulares. Dentre as principais enzimas pode-se citar as dismutases de superóxido (SOD), as peroxidases de ascorbato (APX) e as catalases (CAT) que juntamente com outras enzimas do ciclo ascorbato-25glutathione promovem a eliminação das ROS (Hernández et al., 2001).

As superóxido dismutases desempenham importante função na defesa contra a toxicidade causada pelas espécies reativas do metabolismo do oxigênio, sendo desta forma, consideradas importantes no mecanismo de tolerância ao estresse. O papel biológico das SODs é a desintoxicação dos radicais  $\text{O}_2^-$  por convertê-los a  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $\text{O}_2$  (Kim; Han, 2000; Scandalios, 2001).

As catalases, juntamente com as SODs são consideradas as mais eficientes enzimas antioxidantes. Ambas apresentam função combinada, de modo que a CAT converte o  $\text{H}_2\text{O}_2$ , originado pela atividade da SOD, em  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{O}_2$  (Scandalios, 1993).

As PODs também apresentam função antioxidante em células vegetais expostas as condições de estresse (Knörzer et al., 1996). Estas também atuam na biossíntese da parede celular, mas também estão envolvidas nas respostas ao estresse e são encontradas em diversas isoformas, que usam diferentes redutores e estão localizadas em diversos compartimentos celulares (Campa, 1991).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, M.F.; LOCATELLI, E.; ROCHA, E.A.; BARACHO, G.S.; FORMIGA, S.C. Plantas medicinais nos Cariris Velhos, Paraíba, Parte II: subclasses Magnoliidae, Caryophyllidae, Dilleniidae e Rosidae. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.77, p.97-102, 1996.

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. **Maracujá**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. p.383-388.

ALBUQUERQUE, T.C.S.; DECHEN, A.R. Absorção de macronutrientes por porta-enxertos e cultivares de videira em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v.57, p.135-139, 2000.

ALVES, A.A.C. **Efeito da enxertia na nutrição mineral, no crescimento vegetativo, na fotossíntese e na redutase do nitrato, em *Coffea arabica* L.** 1986. 61f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.373-399, 2004.

APONTE, Y.; JÁUREGUI, D. Algunos aspectos de la biología floral de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.21, p.211- 219, 2004a.

APONTE, Y.; JÁUREGUI, D. Capacidad reproductiva: Formación de frutos y semillas en *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener y *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista da Facultad de Agronomía**, v.21, p.353-361, 2004b.

ARAÚJO, D.C.; SÁ, J.R.; LIMA, E.M.; CAVALCANTE, L.F.; BRUNO, R.L.A.; QUEIROZ, M.S. Efeito do volume de água e da cobertura morta sobre o crescimento inicial do maracujazeiro Amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.121-124, 2000.

ARAÚJO, F.P. **Caracterização da variabilidade morfoagronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) no semi-árido brasileiro.** 2007. 94f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômica, Botucatu, 2007.

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-Árido, 2004. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 61).

ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.601-639, 1999.

BERNACCI, L.C.; VITTA, F.A.; BAKKER, Y.V. *Passiflora* L. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M.; MELHEM, T.S. **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa/FAPESP, 2003. v.3, p.248-274.

BJORKMAN, O. Some viewpoints on photosynthetic response and adaptation to environmental stress. In: BRIGGS, W.R. (Ed.). **Photosynthesis**. New York: Alan Liss, 1989. p.45-58.

BORGES, R.S. Novas variedades: validação e transferência de tecnologia. In: \_\_\_\_\_. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: EMBRAPA Cerrado, 2005. p.143-158.

BOYER, J.S. Advances in drought tolerance in plants. **Advances in Agronomy**, v.56, p.187-218, 1996.

BRAGA, M.F.; SANTOS, E.C.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SAUSA, A.A.T.C.; FALEIRO, F.G.; REZENDE, L.N.; JUNQUEIRA, K.P. Enraizamento de três espécies silvestres de Passiflora. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.2, p.284-288, 2006.

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J.D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.474-477, 2003.

BRAY, E.A. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**, v.103, n.4, p.1035-1040, 1993.

CAMPA, A. Biological roles of plant peroxidases: known and potential function. In: EVERSE, J.; EVERSE, K.E.; GRISHAM, M.B. (Eds.). **Peroxidases in chemistry and biology**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p.25-50.

CARBONNEAU, A. The early selection of grapevine rootstock for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.36, n.3, p.195-198, 1985.

CASTRO NETO, M.T. Efeito do déficit hídrico na transpiração e resistência estomática da mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.93-95, 2003.

CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M.; CAVALCANTE, I.H.L. **Possibilidade do uso de água salina no cultivo do maracujazeiro Amarelo**. Areia-PB: Editorações Gráfica Diniz, 2001.  
CERVI, A.C. Passifloraceae de região de Carangola, Minas Gerais, Brasil. **Pabstia**, v.7, n.3, p.1-32, 1996.

CHANDRU, H.K.; KIM, E.; KUK, Y.; CHO K.; HAN, O. Kinetics of wound-induced activation of antioxidative enzymes in *Oryza sativa*: differential activation at different growth stages. **Plant Science**, v.164, p.935-941, 2003.

CHAVES, R.C.; JUNQUEIRA, N.T.V; MANICA, I.; PEIXOTO, J.R.; PEREIRA, A.V; FIALHO, J.F. Enxertia de maracujazeiro Azedo em estacas herbáceas enraizadas de espécies de passifloras nativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.120-123, 2004.

CHAVEZ, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.

COELHO, M.S.E. **Caracterização citogenética de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., *P. cincinnata* Mast. e seu híbrido interespecífico**. 2009. 80f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2009.

CORRÊA, L.S.; CAVICHIOLI, J.C.; OLIVEIRA, J.C.; BOLIANI, A.C. Uso de câmara úmida em enxertia convencional de maracujazeiro-Amarelo sobre três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.591-598, 2010.

COSTA, A.F.S.; ALVES, F.L.; COSTA, A.N. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N. (Eds.). **Tecnologias para a produção de maracujá**. Vitória-ES: INCAPER, 2005. p.23-53.

DAVIES, P. J. The plant hormones; their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. 2. ed. London: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 1-13.

DENCHEVA, A.; KLISURKA, D. Interaction between peroxidases and IAA-oxidase in the course of growth and differentiation of the plant cell. **Physiologie Végétale**, v.20, n.3, p.385-394, 1982.

DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. **Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2004.

DURING, H. Gas exchange of grapevines leaves as affected by soil factors. In: SIMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE, 4., 1992, San Michel All'adige. **Comptes Rendus...** San Michell All'adige: [s.n.], 1992. p.295-298.

DURING, H.; SCIENZA, A. Drought resistance of some Vitis species and cultivars. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRAPE BREEDING, 3., 1980, Davies. **Proceedings...** Davies: [s.n.], 1980. p.179-190.

ECONOMIDES, C.V. Performance of Marsh seedless grapefruit on six rootstocks in Cyprus. **Journal of Horticultural Science**, v.53, p.393-400, 1976.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; GALLO, P.B.; COSTA, W.M.; NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progenies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, p.297-312, 1998.

FARINAZZO, N.M.; SALIMENA, F.R.G. Passifloraceae na reserva biológica da represa do grama, Descoberto, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v.58, n.4, p.823-833, 2007.

FERREIRA, F.R.; OLIVEIRA, J.C. Germoplasma de passiflora. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p.187-200.

FERREIRA, G. Propagação do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v.21, n.206, p.18-24, 2000.

FRUTISÉRIES. **Maracujá-amarelo**. Brasília: MMA, 2002. v.2.

FUMIS, T.F.; PEDRAS, J.F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.449-453, 2002.

GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant Soil**, v.72, p.335-350, 1983.

GASPAR, T.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPPIN, H. **Peroxidases 1970-1980**: a survey of their biochemical and physiological roles in higher plants. Geneva: University of Geneva Press, 1982. 324p.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1973. 446p.

GRECH, N.M.; RIJKENBERG, H.J. Laboratory and field evaluation of the performance of *Passiflora caerulea* as a rootstock tolerant to certain fungal root pathogen. **Journal of Horticultural Science**, v.66, n.6, p.725-729, 1991.

HERNANDEZ, J.A.; FERRER, M.A.; JIMENEZ, A.; BARCELÓ, A.R.; SEVILLA, F. Antioxidant systems and O<sub>2</sub><sup>-</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. **Plant Physiology**, v.127, p.827-831, 2001.

HOEHNE, F.C. **Frutas indígenas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1946. p.62-63. (Frutas, Série D).

ITAI, C.; BIRNBAUM, H. Synthesis of plant regulators by roots. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKATI, U. **Plant roots**. New York: Basel, 1991. p.163-178.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1966. p.485.

JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; FALEIRO, F.G.; PEIXOTO, J.R.; BERNACCI, L.C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.80-108.

JUNQUEIRA, N.T.V.; LAGE, D.A.C.; BRAGA, M.F.; PEIXOTO, J.R.; BORGES, T.A.; ANDRADE, S.R.O. Reação a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro Azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas herbáceas de passiflora silvestre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.97-100, 2006.

KATO, T.; LOU, H. Effect of rootstock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.58, p.345-352, 1989.

KILLIP, E.P. **The American species of Passifloraceae**. Chicago: Field Museum of Natural History, 1938. 613p. (Botanical Series, v.19).

KIM, Y.S.; HAN, S. Nitric oxide protects Cu,Zn-superoxide dismutase from hydrogen peroxide-induced inactivation. **FEBS Letters**, v.479, p.25-28, 2000.

KIMURA, A. **Estudo da enxertia hipocotiledonar de plântulas em *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.** 1994. 56f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

KLUGE, R.A. Maracujazeiro (*Passiflora* sp.). In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Coords.). **Ecofisiologia de fruteiras tropicais.** São Paulo: Nobel, 1998. p.32-47.

KNÖRZER, O.C.; DURNER, J.; BÖGER, P. Alterations in the antioxidative system of suspension-cultured soybean cells (*Glycine max*) induced by oxidative stress. **Physiology Plant**, v.97, p.388-396, 1996.

LEITAO FILHO, H.F.; ARANHA, C. Botânica do Maracujazeiro. In: SIMPOSIO DA CULTURA DO MARACUJA, 1974, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1974. p.11.

LIMA, A.A. Aspectos fitotécnicos: desafios da pesquisa. In: **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético.** In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.295-313.

LIMA, A.A.; CALDAS, R.C.; CUNHA, M.A.P.; SANTOS FILHO, H.P. Avaliação de porta-enxertos e tipos de enxertia para maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.21, n.3, p.318-321, 1999.

LIMA, L.A.; MICHAN, M.M.; SALIBE, A.A. Concentração de boro e enxofre em folhas de laranjeiras doces, determinados por diferentes porta-enxertos e enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.2, p.54-61, 1980.

LOMBARDI, S.L. **Estudos anatômicos e fisiológicos da organogênese *in vitro* em *Passiflora cincinnata* Mast.** 2003. 60f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarium, 2002. 511p.

LORENZI, H.; MOREIRA, H.S. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras.** 3.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 1995. 1088p.

LORETI, F. Porta-enxertos para a cultura do pêssegueiro do terceiro milênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.274-284, 2008.

LUDLOW, M.M.; NG, T.T.; FORD, C.W. Recovery after water stress of leaf gas exchange in *Panicum maximum* var. *trichoglume*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.7, p.299-313, 1980.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: maracujá.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 160p.  
MANZEL, C.M.; SIMPSON, D.R.; PRINCE, G.H. Effect of foliar applied nitrogen during winter on growth, nitrogen content and production of passionfruit. **Scientia Horticulturae**, v.28, p.339-346, 1986.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1985. 674p.

MATSUBARA, S. Studies on salt tolerance of vegetable. 3. Salt tolerance of rootstocks. **Scientific Report of the Faculty of Agriculture, Okayama University**, v.73, p.17-25, 1989.

MELETTI, L.M.M. **Maracujá: produção e comercialização**. São Paulo. Campinas: IAC, 1995. (Boletim técnico, n.158).

MELETTI, L.M.M. Maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims). In : MELETTI, L.M.M. (Coord.). **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaibá: Agropecuaria, 2000.

MELETTI, L.M.M.; BERNACCI, L.C.; SOARES-SCOTT, M.D.; AZEVEDO FILHO J.A.A.; PACHECO, C.A. **Maracujá-Roxo 'IAC-Paulista'**: nova oportunidade para o agronegócio de frutas. Campinas: IAC, 2006. p.27-30.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p.345-385.

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

MELETTI, L.M.M.; SOARES-SCOTT, M.D.; BERNACCI, L.C. Caracterização fenotípica de tres seleções de maracujazeiro-roxo (*Passiflora edulis* Sims). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.2, p.268-272, 2005.

MENEZES, J.M.T.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C.; BANZATO, D.A. Avaliação da taxa de pagamento de enxertos de maracujá-amarelo sobre espécies tolerantes à "morte prematura de plantas". **Científica**, v.22, n.1, p.95-104, 2004.

MENEZES, J.M.T.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C.; BANZATTO, D.A. Avaliação da taxa de pagamento de enxertos de maracujá-amarelo sobre espécies tolerantes à morte prematura de plantas". **Científica**, v.22, n.1, p.95- 104, 1994.

MORLEY-BUNKER, M.J.S. **Some aspects of seed dormancy with reference to Passiflora spp. and other tropical and subtropical crops**. Londres: University of London, 1974.

NOGUEIRA FILHO, G.C.; RONCATTO, G.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C.; MALHEIROS, E.B. Estudo da enxertia hipocotiledonar do maracujazeiro-amarelo sobre dois porta-enxertos, através de microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.647-652, 2010b.

NOGUEIRA FILHO, G.C.; RONCATTO, G.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C.; MALHEIROS, E.B. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro-amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar em cinco porta-enxertos de passifloras silvestres. v.32, n.2, p.535-543, 2010c.



NOGUEIRA FILHO, Geraldo Costa et al . Aspectos histológicos da união da enxertia hipocotiledonar do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, 2010a.

NUNES, T.S.; QUEIROZ, L.P. A família Passifloriaceae na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v.1, p.33-46, 2001.

OLIVEIRA JÚNIOR, M.X.; SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; MORAIS, O.M.; DOURADO, F.W.N. Superação de dormência de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* MAST.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.584-590, 2010.

OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Aspectos sobre o melhoramento do maracujazeiro amarelo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, 5., 1998, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1998. p.291-314.

OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C.; NAKAMURA, K.; BAPTISTA, M. Comportamento de *Passiflora edulis* enxertado sobre *P. giberti* N.E. Brown. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina: SBF, 1984. p.989-993.

PACE, C.A.M. Comparação de quatro métodos de enxertia para o maracujazeiro amarelo *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina: SBF, 1984. p.983-988.

PEREIRA, A.L.J.; CAMPACCI, C.A.; CIANCIULLI, P.L. Maracujá: seu cultivo, espécies, e moléstias. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1., 1971, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1971. p.641-658.

PEREIRA, M.G.; PEREIRA, T.N.S.; VIANA, A.P. Marcadores moleculares aplicados ao melhoramento genético do maracujá. In: FALEIRO, F.V.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.276-292.

PINA, A.; ERREA, P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility-incompatibility. **Scientia Horticulturae**, v.106, p.1-11, 2005.

REDDY, A.R.; CHAITANYA, K.V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.1189-1202, 2004.

RODRIGUES, A. C.; DINIZ, A. C.; FRANCHINELLO, J. C.; SILVA, J. B.; FARIA, J. L. C. Peroxidase e fenóis totais em tecidos de porta enxertos de *Prunus sp.* nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, v.32, n.4, p.559-564, 2002.

RUGGIERO, C. (Coord.). **Maracujá para exportação: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.11-29.

RUGGIERO, C. Situação da cultura do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.21, n.206, p.5-9, 2000.

RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C. Enxertia do maracujazeiro. In: RUGGIERO, C. (Ed.). **Maracujá: do plantio à colheita**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 1998. p.70-92.

SANTAMOUR JR., F. S. **Predicting graft incompatibility in woody plants**. Combined Proceedings International Plant Propagators Society. New York: International Society of Horticultural Science, 1992. v.42, p.131-134.

SÃO JOSÉ, A.R. **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UEBS, 1994.

SCANDALIOS, J.G. Molecular responses to oxidative stress. In: HAWKESFORD, M.J. (Ed.). **Molecular analysis of plant adaptations to the environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p.181-208.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v.101, p.7-12, 1993.

SEIXAS, L.F.Z.; OLIVEIRA, J.C.; TIHOHOD, D.; RUGGIERO, C. Comportamento de *Passiflora macrocarpa* como porta-enxerto para *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg., cultivado em local com histórico de morte prematura de plantas e nematóides do maracujazeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: SBF, 1988. v.2, p.597-601.

SHARP, R.E. Regulation of plant growth responses to low soil water potentials. **Hortscience**, v.31, n.1, p.36-38, 1996.

SILVA, A.A.G.; KLAR, A.E. Demanda hídrica do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Irriga**, v.7, n.3, p.185-190, 2002.

SILVA, F.M.; CORRÊA, L.S.; BOLIANI, A.C.; SANTOS, P.C. Enxertia de mesa em *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. sobre *Passiflora alata* Curtis, em ambiente de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n.1, p.98-101, 2005.

SIQUEIRA, D.L.; PEREIRA, W.E. Propagação. In: BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. (Eds.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p.85-137.

SMITH, P.F. Effect of scion and rootstock on mineral composition of mandarin – type citrus leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.100, p.368-369, 1975.  
SORG, O. Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality? **Comptes Rendus Biologies**, v.327, p.649-662, 2004.

SOUSA, V.F.; FOLEGATTI, M.V.; FRIZZONE, J.A.; CORRÊA, R.A.L.; ELOI, W.M. Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.4, p.497-504, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TARDIEU, F.; DAVIES, W.J. Integration of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. **Plant, Cell and Environment**, v.16, p.341-349, 1993.

TEDESCHI, L.; LOPES JR., A.; HABERMANN, G.; VENDRAMINI, P.F.; CAZOTO, J.L.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Estudo da relação entre taxas de trocas gasosas e o crescimento e desenvolvimento de *Phoenix roebelinii*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE FISILOGIA VEGETAL, 12., 2005, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2005.

TURNER, N.C. Crop water deficits: a decade of progress. **Advances in Agronomy**, v.39, p.1-51, 1986.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. Massachusetts: MIT Press, 1996. 224p.

VASCONCELLOS, M.A.S.; CEREDA, E. O cultivo do maracujá-doce. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1994. p.71-83.

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

VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G.D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, v.153, n.4, p.376-387, 1981.

WONG, S.C.; COWAN, I.R.; FARQUHAR, G.D. Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity. **Nature**, v.282, p.424-426, 1979.

YAMASHIRO, T.; LANDGRAFF, J.H. Maracujá-açu (*Passiflora alata* Ait), portaenxerto resistente à fusariose do maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5, 1979, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS: SBF, 1979. p.918-921.

ZUCARELI, V. **Germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast.:** fases, luz, temperatura e reguladores vegetais. 2007. 103f. Dissertação (Mestrado – Botânica - Fisiologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

ZUCARELI, V.; FERREIRA, G.; AMARO, A.C.E.; ARAÚJO, F.P. Fotoperíodo, temperatura e reguladores vegetais na germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.106-114, 2009a.

ZUCARELI, V.; FERREIRA, G.; AMARO, A.C.E.; DE FAZIO, J.L.; GA<sub>4+7</sub> + N-(Fenilmetil) - Aminopurina na germinação de sementes e emergência de plântulas de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.1, p.216-223, 2009b.

**4. DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MARACUJAZEIROS (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* e *P. alata*) ENXERTADAS SOBRE *Passiflora cincinnata***

## **DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MARACUJAZEIROS (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* e *P. alata*) ENXERTADAS SOBRE *Passiflora cincinnata***

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial e os teores foliares de minerais em plantas de maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., *P. edulis* f. *edulis* Sims. e *P. alata* Dryander) enxertadas sobre *Passiflora cincinnata*. Para a obtenção das mudas, as sementes foram semeadas em sacolas plásticas (500 mL) e quando as plântulas atingiram o estágio de duas folhas expandidas foi realizada a enxertia hipocotiledonar. Quinze dias após a enxertia foi realizado transplântio para vasos de 10 litros preenchidos com terra previamente corrigida e adubada, sendo utilizadas duas plantas por vaso e cada um correspondendo a uma parcela. Para cada espécie comercial estudada como enxerto foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 5 (tipo de planta x coleta) com quatro repetições de duas plantas por parcela e cinco coletas destrutivas. Como tipo de planta foi considerado *P. cincinnata* não enxertada, maracujá comercial não enxertado e maracujá comercial enxertado sobre *P. cincinnata*. A primeira coleta foi realizada 15 dias após o transplântio e as demais em intervalos de 14 dias (60, 74, 88, 102 e 116 DAS). Em cada coleta foi contado o número de folhas por planta e realizadas medidas de área foliar, comprimento de caule, massa da matéria seca total, caule, raiz e folhas. Na última coleta foi realizada a análise da composição mineral das plantas (macro e micronutrientes). Os resultados demonstraram que, de forma geral, a enxertia sobre a espécie *P. cincinnata* não interferiu no desenvolvimento inicial e teor de minerais das plantas de maracujazeiros comerciais e que a interferência variou conforme a copa utilizada.

**Palavras-chave:** Enxertia, maracujá, propagação.

**INITIAL DEVELOPMENT OF PASSION FRUIT TREES (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* and *P. alata*) GRAFTED ONTO *Passiflora cincinnata***

**Abstract:** The present work aimed to evaluate the initial growth and leaf mineral levels in passion fruit trees (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., *P. edulis* f. *edulis* Sims. and *P. alata* Dryander) grafted onto *Passiflora cincinnata*. To obtain seedlings, seeds were sown in plastic bags (500 mL) and hypocotyl grafting was performed when seedlings reached the stage of 2 fully expanded leaves. Fifteen days after grafting, plants were transplanted to 10L pots filled with previously limed and fertilized land. Each pot contained two plants and corresponded to one plot. For each commercial species studied as rootstock, experimental design was completely randomized, in 3x5 (plant type x harvest) factorial arrangement, with four replicates of two plants per plot and five destructive harvests. Plant types were ungrafted *P. cincinnata*, ungrafted commercial passion fruit tree and commercial passion fruit tree grafted onto *P. cincinnata*. The first harvest was performed at 15 days after transplanting and the remaining ones at 14-day intervals (60, 74, 88, 102 and 116 DAS). At each harvest, the number of leaves per plant was counted and leaf area, stem length, and stem, root, leaf and total dry matter were estimated. At the last harvest, the mineral composition (macro and micronutrients) of plants was analyzed. In general, grafting onto the species *P. cincinnata* did not interfere with the initial development and mineral levels of commercial passion fruit trees, and the interference varied according to the used canopy.

**Keywords:** Grafting, passion fruit, propagation.

## INTRODUÇÃO

Com a expansão dos pomares de maracujá, nos últimos 20 anos, houve aumento na demanda por informações técnicas e um dos aspectos comumente abordados é a obtenção de mudas de boa qualidade (Meletti, 2002).

Neste contexto, a enxertia sobre espécies resistentes apresenta-se como prática recomendada por diversos autores (Pace, 1984; Ruggiero, 2000; Meletti; Bruckner, 2000), pois prolonga a vida útil das plantas, preserva a qualidade do material genético e, ainda, pode perenizar a cultura (Lima, 2004).

Assim, para a seleção da espécie de porta enxerto é necessário que esta apresente facilidade de propagação, principalmente nos aspectos relacionados a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas no viveiro, uma vez que a viabilização comercial dessa prática necessita que as plantas tenham crescimento uniforme e sejam vigorosas, atingindo o ponto de enxertia num curto período de tempo. Contudo, a utilização de espécies de Passifloráceas como porta enxertos esbarra na falta de informações sobre o comportamento delas na fase de viveiro, bem como no sucesso, ou não, da combinação enxerto/porta enxerto (Vasconcelos et al., 2005).

No Brasil, ainda são escassas as informações sobre o comportamento de maracujazeiros enxertados sobre passifloras silvestres e as dificuldades no uso da enxertia consistem no fato dos porta enxertos oriundos de sementes da maioria das espécies silvestres, apresentarem o inconveniente de gerar plantas com caules muito finos e, portanto, incompatíveis com o diâmetro dos enxertos que são obtidos de plantas adultas (Meletti; Bruckner, 2001).

Uma das espécies nativas com potencial para uso como porta enxerto é a *Passiflora cincinnata* Mast., que apresenta tolerância a doenças, como as causadas pela bactéria *Xanthomonas campestris* (Meletti et al., 2002) e apresenta também, tolerância a nematóides (*Meloidogyne sp*) e ao déficit hídrico (Araujo, 2004).

O desenvolvimento de plantas de maracujazeiro Azedo enxertadas sobre *P. cincinnata* foi estudado por Nogueira Filho et al. (2010) que observaram boa relação enxerto/porta enxerto entre as espécies e, embora as plantas não enxertadas de *P. edulis f. flavicarpa* tenham superado o seu desenvolvimento, os autores recomendam o uso do porta enxerto.

A influência do porta enxerto no desenvolvimento de plantas pode estar relacionado com a absorção e condução hidráulica (Brandão Filho et al., 2003) e com a influência da enxertia sobre a absorção e composição mineral das plantas (Lima et al., 1980).

A nutrição mineral influencia no desenvolvimento das plantas, pois tem efeito no crescimento, na morfogênese dos vegetais e na fotossíntese, uma vez que estes elementos minerais são componentes integrantes de enzimas e pigmentos ou, ainda, ativadores diretos do processo fotossintético (Larcher, 2000; Fageria, 2001).

O porta enxerto pode, também, influenciar no crescimento da espécie por meio da maior ou menor síntese e transporte hormonal, visto que o sistema radicial desempenha papel importante na regulação hormonal do crescimento vegetal pela síntese de citocininas e ácido abscísico (Itai; Birnbaum, 1991; Taiz; Zeiger, 2009).

De acordo com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial e os teores foliares de minerais em plantas de maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., *P. edulis* f. *edulis* Sims. e *P. alata* Dryander) enxertadas sobre *Passiflora cincinnata* Mast.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu-SP.

Como porta enxerto foi utilizada a espécie *Passiflora cincinnata* e como enxerto foram utilizadas as espécies *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (maracujá Azedo), *P. edulis* f. *edulis* (maracujá Roxo ou roxinho do Kenia) e *P. alata* (maracujá Doce).

As sementes do porta enxerto foram obtidas junto ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) – Embrapa, Petrolina – PE, sendo estas provenientes de diversas plantas cultivadas no Campo Experimental da Caatinga.

As sementes de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* ('Gold Star'), *P. edulis* f. *edulis* e *P. alata* foram obtidas junto ao Departamento de Produção Vegetal (Horticultura) da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu-SP.

Para a obtenção das mudas, as sementes foram semeadas em sacolas plásticas (500 mL) e para facilitar a enxertia, devido às diferenças do diâmetro dos caules, as sementes do porta enxerto foram semeadas sete dias antes da espécie copa. Quando as plântulas atingiram o estágio de duas folhas expandidas (aproximadamente, 30 dias após a semeadura - DAS) foi realizada a enxertia.

Quinze dias após a enxertia (45 DAS) as plantas foram transplantadas para vasos de 10 litros preenchidos com terra previamente corrigida e adubada conforme análise química do solo, sendo utilizadas duas plantas por vaso e cada um correspondendo a uma parcela.



Para cada espécie estudada como enxerto foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 5 (tipo de planta x coleta) com quatro repetições de duas plantas por parcela e cinco coletas destrutivas, ou seja, cada espécie constituiu um experimento.

Como tipo de planta foi considerado *P. cincinnata* não enxertada, maracujazeiro comercial não enxertados e enxertados sobre *P. cincinnata*. A primeira coleta foi realizada 15 dias após o transplante, ou seja, 60 DAS, e as demais, a intervalos de 14 dias (74, 88, 102 e 116 DAS).

Em cada coleta foi contado o número de folhas por planta e realizadas medidas de área foliar, comprimento de caule, massa da matéria seca total, caule, raiz e folhas.

A área foliar foi obtida por meio de integralizador de área, Area Meter modelo Li-3100 da Li-Cor e expressas em cm<sup>2</sup> e as medidas do comprimento de caule foram obtidas com o auxílio de fita métrica graduada em milímetros e as médias expressas em cm sendo o comprimento considerado a medida do colo ao ápice da planta.

Para obtenção das massas de matéria seca, as raízes, caules e folhas das plantas foram separadas, colocadas em sacos de papel identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60°C ±3 até massa constante. Então, foram pesadas em balança semi-analítica e os resultados expressos em gramas por planta.

Também foi realizada a análise da composição mineral das plantas (macro e micronutrientes). Para essas análises foram utilizadas a matéria seca foliar total de cada planta coletadas aos 116 DAS (última coleta) quando as folhas foram lavadas com água deionizada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60°C, durante 48 horas.

Após a secagem, o material foi triturado em moinho tipo Wiley com peneira de 20 *mesh*, armazenadas em sacos de papel e levadas até o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciências do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas - (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu-SP. As determinações dos teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas foram realizadas de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Os dados de crescimento foram submetidos à análise de variância, sendo as médias para tipo de planta comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e as médias para coletas ao longo do tempo submetidas à análise de regressão, sendo as três espécies comerciais, usadas como enxertos, analisadas separadamente.

Os dados da composição mineral foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, sendo as espécies comerciais, usadas como enxerto, analisadas separadamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que, independente da espécie estudada, o maior número de folhas por planta foi obtido nas plantas de *Passiflora cincinnata* (porta enxerto) sendo este significativamente maior que nas espécies comerciais a partir da terceira (maracujá Roxo e Maracujá Doce) (TabelaS 2 e 3) e da quarta coletas (maracujá Azedo) (Tabela 1).

Nas espécies comerciais, o número de folhas por planta não foi alterado com a enxertia. Tais resultados se devem ao fato do número de folhas das plantas serem determinados geneticamente, conforme mencionado por Beloygue et al. (1996). Resultados diferentes são mencionados por Nogueira filho et al. (2010) que observaram diferença significativa no número de folhas entre plantas de *P. edulis* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*. No entanto, os autores atribuíram a diferença à perda de folhas por senescência natural e em consequência do ataque de doenças e pragas.

As médias para número de folhas foram ajustadas a funções lineares crescentes para todos os tipos de plantas. Quando comparadas plantas de maracujazeiros comerciais não enxertadas e enxertadas observa-se que as retas estão sobrepostas para os maracujazeiros Azedo e Roxo (*P. edulis*) e com tendência de distanciamento entre as retas nas últimas coletas para o maracujazeiro Doce (*P. alata*) (Figuras 1, 2 e 3).

O maior número de folhas apresentado pelo porta enxerto (*P. cincinnata*) não resultou em maior área foliar por planta (Tabelas 1, 2 e 3) sendo as menores médias de área foliar observadas para esta espécie em todas as coletas. A menor área foliar pode estar relacionada com a tolerância à seca apresentada pela espécie, conforme mencionado por Araujo (2004), pois segundo Santos e Carlesso (1998), a área foliar determina a quantidade de água perdida pela planta.

As maiores médias para a área foliar foram observadas nas espécies comerciais, independentemente da enxertia. A exceção ficou por conta do maracujá Roxo que apresentou diferença significativa na área foliar entre as plantas não enxertadas e enxertadas na última coleta, sendo menor nas plantas enxertadas (Tabela 2).

A área foliar para todos os tipos de mudas ajustou-se a equações lineares crescentes em função das datas de coleta. Para o maracujá Roxo as curvas mostraram tendência de aumentar a distância entre as retas com o passar do tempo (Figura 2 – B), ou seja, a enxertia

pode causar redução na área foliar nas plantas de maracujá Roxo, conforme diferença significativa observada na comparação de médias aos 116 DAS (Tabela 2). Cabe ressaltar que a diminuição da área foliar observada nas plantas enxertadas não implica, necessariamente, em menor produção, haja vista que pode diminuir o auto-sombreamento e, conseqüentemente, aumentar a fotossíntese líquida. Segundo Magalhães (1985) e Benincasa (2004), a taxa assimilatória líquida (TAL) depende dos fatores ambientais, principalmente da radiação solar. Devido ao auto-sombreamento a TAL diminui com o aumento do índice de área foliar e, conseqüentemente, com o crescimento da comunidade vegetal.

Para comprimento de caule não foi observada diferença entre os tipos de mudas para o maracujá Azedo (Tabela 1) sendo as médias ajustadas a equações lineares crescentes em função do tempo. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Nogueira Filho et al. (2010) que observaram velocidade constante de crescimento nas plantas de maracujazeiro Azedo enxertadas sobre *P. cincinnata*, não havendo diferença na altura de plantas para os dois tratamentos.

A enxertia hipocotiledonar utilizada nesse experimento pode ter contribuído para a não redução no tamanho das plantas enxertadas, pois, a elevação da altura de enxertia pode diminuir o vigor das plantas levando ao efeito ananicante (Santos et al., 2004). Dessa forma, a utilização de outras técnicas de enxertia pode demonstrar efeitos diferenciados em relação aos obtidos nesse estudo.

No maracujazeiro Roxo, as plantas do porta enxerto apresentaram comprimento de caule significativamente maior e, entre as plantas não enxertadas e enxertadas, não houve diferença significativa (Tabela 2). No entanto, na Figura 2 – C, o ajuste a equações lineares crescentes, mostra tendência de distanciamento entre as retas com o passar do tempo, com maior comprimento para as plantas não enxertadas.

As plantas de maracujá Doce apresentaram comportamento semelhante ao descrito para o maracujazeiro Roxo, sendo menores que as plantas do porta enxerto e não havendo diferença significativa entre as plantas não enxertadas e enxertadas (Tabela 3). A peculiaridade é o ajuste a equações de segundo grau onde se pode observar tendência das plantas enxertadas permanecerem menores que as plantas não enxertadas (Figura 3 – C).

A tendência de menor altura em plantas enxertadas é comum na fruticultura e é denominado de efeito ananicante. Este efeito é atribuído à diminuição do diâmetro dos vasos xilemáticos (Baas et al., 1984), surgimento de uma zona de descontinuidade no ponto de enxertia que aumenta a resistência ao transporte de água (Brandão Filho et al., 2003); menor

capacidade de transporte de nutrientes (Ebel et al., 2000) e a menor síntese hormonal (Sorice et al., 2002).

O tipo de muda alterou a massa de matéria seca das folhas (Tabelas 1, 2 e 3) e a maior interferência ocorreu nas plantas de maracujazeiro Azedo (Tabela 1) sendo as maiores médias obtidas a partir de plantas de *P. edulis* não enxertadas e as menores médias obtidas nas plantas do porta enxerto *P. cincinnata*. Já as plantas enxertadas apresentaram médias intermediárias e no estudo de regressão (Figura 1 - D) é possível observar que há tendência da massa seca das folhas das plantas enxertadas permanecerem abaixo das demais, sendo que para os três tipos de mudas (porta enxerto, não enxertadas e enxertadas) foram obtidos ajustes a equações lineares crescentes. Tais resultados demonstram que a enxertia interfere no acúmulo de massa seca nas folhas e como não houve, para essa espécie, diferenças entre plantas enxertadas e não enxertadas no número de folhas e área foliar, acredita-se que a enxertia tenha interferido na produção e, ou translocação de fotoassimilados ou no consumo dos mesmos pelas folhas.

Diferente do maracujazeiro Azedo, nos maracujazeiros Roxo e Doce (Tabelas 2 e 3) as massas da matéria seca de folhas das plantas não enxertadas e enxertadas não diferiram entre si. Apesar das plantas enxertadas apresentarem menor massa seca de folhas quando comparadas às não enxertadas (não significativo), o comportamento de acúmulo de massa ao longo do tempo é semelhante nos dois tratamentos sem tendência de diferirem (Figuras 2-D e 3-D).

Para o acúmulo de massa seca nos caules houve comportamento diferenciado para as três espécies comerciais estudadas. No maracujazeiro Azedo, apesar de maiores números absolutos nas plantas não enxertadas, essas não diferiram das plantas enxertadas (Tabela 1) e no estudo de regressão, os três tipos de mudas foram ajustados a equações de segundo grau (Figura 1 - E) com tendência de aproximação entre plantas não enxertadas e enxertadas que provavelmente, está relacionado à superação do estresse causado pela enxertia durante a fase inicial do experimento.

Dentre as três espécies estudadas, as plantas de maracujazeiro Roxo foram as únicas que apresentaram massa seca de caule menor que a massa seca de caule do porta enxerto (50% menor) diferindo significativamente a partir da quarta coleta e não havendo diferenças entre plantas enxertadas e não enxertadas da mesma espécie (Tabela 2), sendo os dados para os tipos de mudas ajustados a retas lineares crescentes ao longo do tempo (Figura 2 - E).

Para o maracujazeiro Doce, as plantas enxertadas apresentaram valores intermediários não diferindo dos demais tratamentos (Tabela 3). Porém, observou-se tendência de distanciamento entre as retas para as plantas de *P. alata* não enxertadas e enxertadas (Figura

3-E), o que demonstra que a enxertia pode ter maior efeito nessa variável em plantas adultas, originando plantas de menor porte ou menos produtivas. Segundo Basile et al. (2003) a menor massa seca de caule, em geral, acontece em copas enxertadas sobre porta enxertos ananizantes, que priorizam a distribuição da matéria seca para as raízes e folhas, enquanto as plantas enxertadas sobre porta enxertos mais vigorosos privilegiam também o caule.

Na massa da matéria seca de raiz (Tabelas 1, 2 e 3) não houve diferença entre os tratamentos para os maracujazeiros Azedo e Roxo. Entretanto, a enxertia causou redução na massa seca de raízes do maracujazeiro Doce (Tabela 3). A menor massa seca de raiz e a constatação de tendência de menor altura de planta e menor massa seca de caules, indica que a espécie *P. cincinnata* pode não ser considerado um porta enxerto vigoroso e, dessa forma, o menor sistema radicular dificultaria a absorção de água e íons, devido a menor área explorada do solo.

Quanto a massa seca total de plantas observa-se que não houve interferência dos tipos de muda nessa variável (Tabelas 1, 2 e 3) para a qual, os maracujazeiros Azedo e Doce apresentaram massas superiores ao do porta enxerto e o maracujazeiro Roxo apresentou massas semelhantes às do porta enxerto, independentemente da enxertia.

Observa-se na Figura 1-G que, para o maracujazeiro Azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) a massa da matéria seca total das plantas enxertadas apresenta tendência de recuperação, aproximando-se das plantas de *P. edulis* não enxertada nas últimas coletas. O inverso ocorre para o maracujazeiro Roxo, que demonstra tendência de distanciamento (Figura 2-G). No maracujazeiro Doce, as retas seguem paralelas.

Assim, pode-se dizer que a enxertia interfere de forma diferenciada no acúmulo de massa seca nas três espécies estudadas.

**Tabela 1:** Número de folhas, área foliar (cm<sup>2</sup>), altura de plantas (cm), massas da matéria seca de folhas (g), caules (g), raízes (g) e total das plantas (g), obtidas aos 60, 74, 88, 102 e 116 dias após a semeadura (DAS) a partir de plantas de maracujazeiro, *Passiflora cincinnata*, *P. edulis* f. *flavicarpa* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*.

Tratamentos	Número de Folhas						Equação de regressão	R <sup>2</sup>
	Tempo (DAS)							
	60	74	88	102	116			
<i>P. cincinnata</i>	9,5 a	11,7 a	15,0 a	21,5 a	23,2 a	$y = 0,2634x + 4,9125$	96	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	7,7 a	10,5 a	13,5 a	16,0 b	17,2 b	$y = 0,1759x + 5,4875$	98	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	6,7 a	11,0 a	12,7 a	15,5 b	17,7 b	$y = 0,1866x + 4,7625$	98	
CV (%)						12		
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )								
<i>P. cincinnata</i>	113 a	178 b	282 b	595 b	595 b	$y = 9,6929x - 56,539$	86	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	209 a	451 a	738 a	1022 a	1186 a	$y = 18,045x - 36,228$	99	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	153 a	393 a	635 a	891 a	1091 a	$y = 16,968x - 79,696$	99	
CV (%)						17		
Comprimento de Caule (cm)								
<i>P. cincinnata</i>	22 a	42 a	72 a	134 a	145 a	$y = 2,4179x - 18,6$	95	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	13 a	41 a	61 a	109 b	137 a	$y = 2,258x - 22,575$	98	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	13 a	30 a	42 a	111 ab	147 a	$y = 2,5009x - 149,35$	95	
CV (%)						19		
Massa da Matéria Seca de Folhas (g)								
<i>P. cincinnata</i>	0,69 a	1,47 b	2,32 c	4,58 c	5,46 c	$y = 0,0903x - 0,883$	96	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	0,97 a	2,84 a	5,46 b	8,63 a	10,10 a	$y = 0,1718x - 1,6126$	98	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	0,78 a	2,37 ab	3,97 a	7,05 b	8,71 b	$y = 0,1468x - 1,5851$	98	
CV (%)						17		
Massa da Matéria Seca de Caule (g)								
<i>P. cincinnata</i>	0,299 a	0,843 a	1,745 a	4,855 a	6,336 b	$y = 0,0015x^2 - 0,0101x + 0,0316$	96	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	0,323 a	1,169 a	2,705 a	5,754 a	7,935 a	$y = 0,0015x^2 + 0,0134x - 0,2729$	99	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	0,304 a	0,915 a	1,982 a	4,842 a	7,607 ab	$y = 0,0022x^2 - 0,0544x + 0,6216$	99	
CV (%)						12		
Massa da Matéria Seca de Raiz (g)								
<i>P. cincinnata</i>	0,812 a	1,128 a	1,494 a	3,486 a	4,624 a	$y = 0,089x - 1,1816$	90	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	0,875 a	1,291 a	2,339 a	3,264 a	4,365 a	$y = 0,064x - 0,2588$	98	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	0,409 a	0,836 b	1,819 a	2,875 a	4,413 a	$y = 0,0717x - 0,9424$	96	
CV (%)						25		
Massa da Matéria Seca de Planta (g)								
<i>P. cincinnata</i>	1,812 a	3,442 a	5,564 b	12,92 b	16,42 b	$y = 0,0033x^2 + 0,0018x + 0,908$	97	
<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	2,174 a	5,304 a	10,504 a	17,65 a	22,40 a	$y = 0,3773x - 4,236$	98	
<i>P. edulis</i> f. <i>flav. Enxertia</i>	1,495 a	4,123 a	7,779 ab	14,77 ab	20,73 a	$y = 0,0036x^2 + 0,0447x + 0,0445$	99	
CV (%)						9		

\* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2:** Número de folhas, área foliar (cm<sup>2</sup>), altura de plantas (cm), massas da matéria seca de folhas (g), caules (g), raízes (g) e total das plantas (g), obtidas aos 60, 74, 88, 102 e 116 dias após a semeadura (DAS) a partir de plantas de maracujazeiro, *Passiflora cincinnata*, *P. edulis f. edulis* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*.

Tratamentos	Número de Folhas						Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
	Tempo (DAS)							
	60	74	88	102	116			
<i>P. cincinnata</i>	9,5 a	11,7 a	15,0 a	21,5 a	23,2 a		y = 0,265x - 7,42	96
<i>P. edulis f. edulis</i>	10,2 a	9,7 a	11,2 b	14,2 b	17,2 b		y = 0,1321x + 0,8714	85
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	8,2 a	9,0 a	13,5 ab	14,2 b	15,2 b		y = 0,1364x + 0,0343	90
CV (%)						12		
	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )							
<i>P. cincinnata</i>	113 a	178 a	282 a	594 b	583 c		y = 9,6857x - 502,34	90
<i>P. edulis f. edulis</i>	110 a	270 a	334 a	946 a	1308 a		y = 21,943x - 1337,4	90
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	63 a	239 a	423 a	781 a	1077 b		y = 18,357x - 1098,8	97
CV (%)						22		
	Comprimento de Caule (cm)							
<i>P. cincinnata</i>	22 a	42 a	71,7 a	134 a	144 a		y = 2,4x - 128,46	95
<i>P. edulis f. edulis</i>	9,2 a	15,2 b	22,5 b	68 b	113 b		y = 1,86x - 118,1	86
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	9,5 a	14,7 b	27,5 b	63 b	99 b		y = 1,6236x - 100,13	90
CV (%)						19		
	Massa da Matéria Seca de Folhas (g)							
<i>P. cincinnata</i>	0,70 a	1,47 a	2,32 a	4,57 a	5,47 b		y = 0,0903x - 5,0391	95
<i>P. edulis f. edulis</i>	0,57 a	1,25 a	1,65 a	5,07 a	7,05 a		y = 0,1199x - 7,4294	89
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	0,35 a	1,15 a	3,37 a	4,6 a	6,65 ab		y = 0,1145x - 6,848	97
CV (%)						25		
	Massa da Matéria Seca de Caule (g)							
<i>P. cincinnata</i>	0,3 a	0,85 a	1,75 a	4,85 a	6,32 a		y = 0,1146x - 7,2683	92
<i>P. edulis f. edulis</i>	0,17 a	0,40 a	0,72 a	2,87 b	4,32 b		y = 0,0769x - 5,0737	87
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	0,17 a	0,50 a	1,20 a	2,27 b	3,65 b		y = 0,0624x - 3,9294	94
CV (%)						34		
	Massa da Matéria Seca de Raiz (g)							
<i>P. cincinnata</i>	0,8 a	1,1 a	1,5 a	3,5 a	4,6 a		y = 0,0713x - 3,9751	90
<i>P. edulis f. edulis</i>	0,4 a	0,8 a	1,1 a	3,6 a	5,3 a		y = 0,0903x - 5,6971	88
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	0,3 a	0,4 a	1,0 a	2,4 a	4,1 a		y = 0,0693x - 4,4791	87
CV (%)						39		
	Massa da Matéria Seca de Planta (g)							
<i>P. cincinnata</i>	1,80 a	3,45 a	5,80 a	12,9 a	16,4 a		y = 0,2761x - 16,224	94
<i>P. edulis f. edulis</i>	1,20 a	3,70 a	4,87 a	9,7 a	18,3 a		y = 0,2871x - 17,715	88
<i>P. edulis f. edulis enxertia</i>	0,77 a	3,27 a	4,05 a	8,1 a	15,4 a		y = 0,2435x - 15,11	88
F								
CV (%)						40		

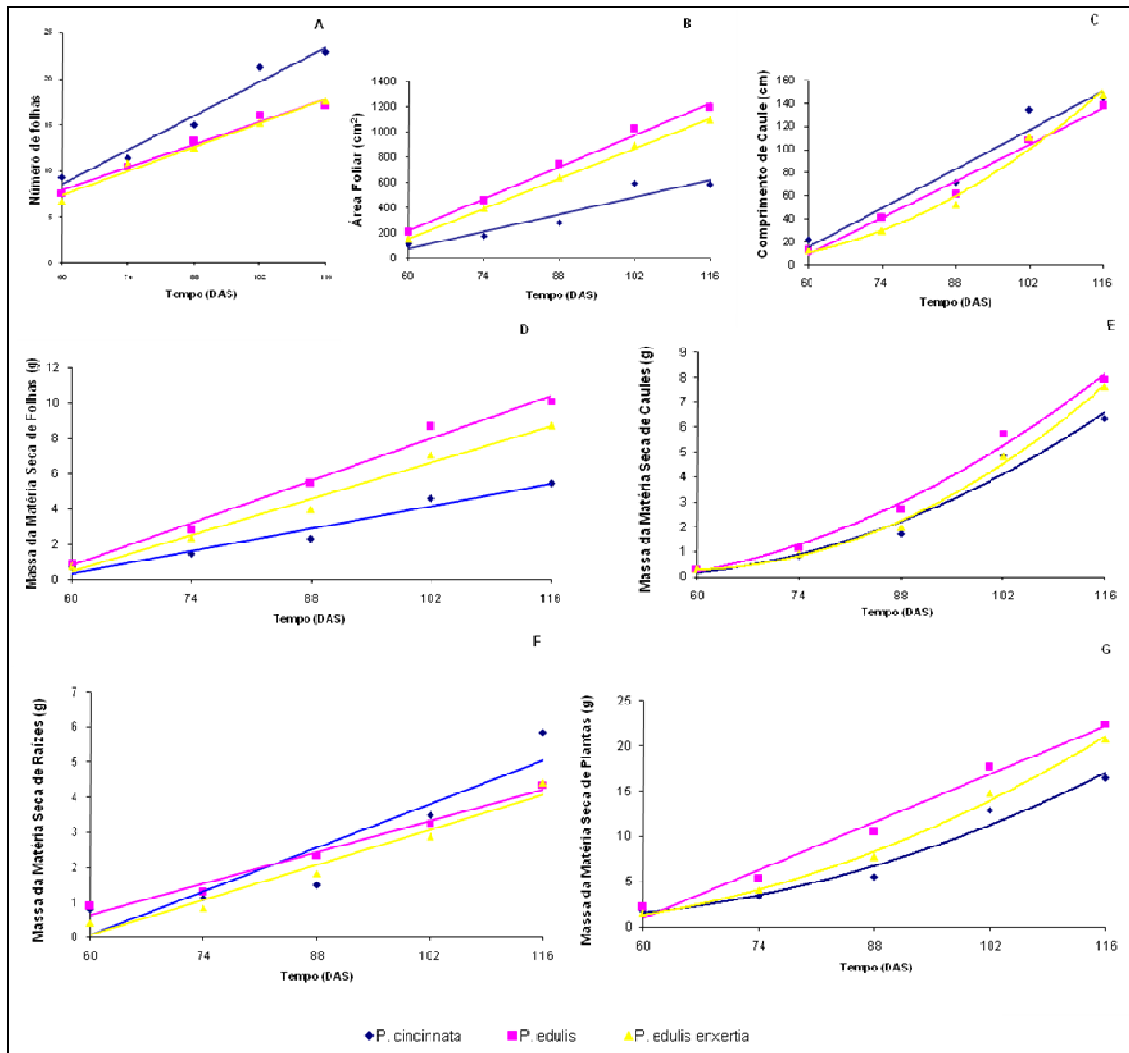
\* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 3:** Número de folhas, área foliar (cm<sup>2</sup>), altura de plantas (cm), massas da matéria seca de folhas (g), caules (g), raízes (g) e total das plantas (g), obtidas aos 60, 74, 88, 102 e 116 dias após a semeadura (DAS) a partir de plantas de maracujazeiro, *Passiflora cincinnata*, *P. alata* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*.

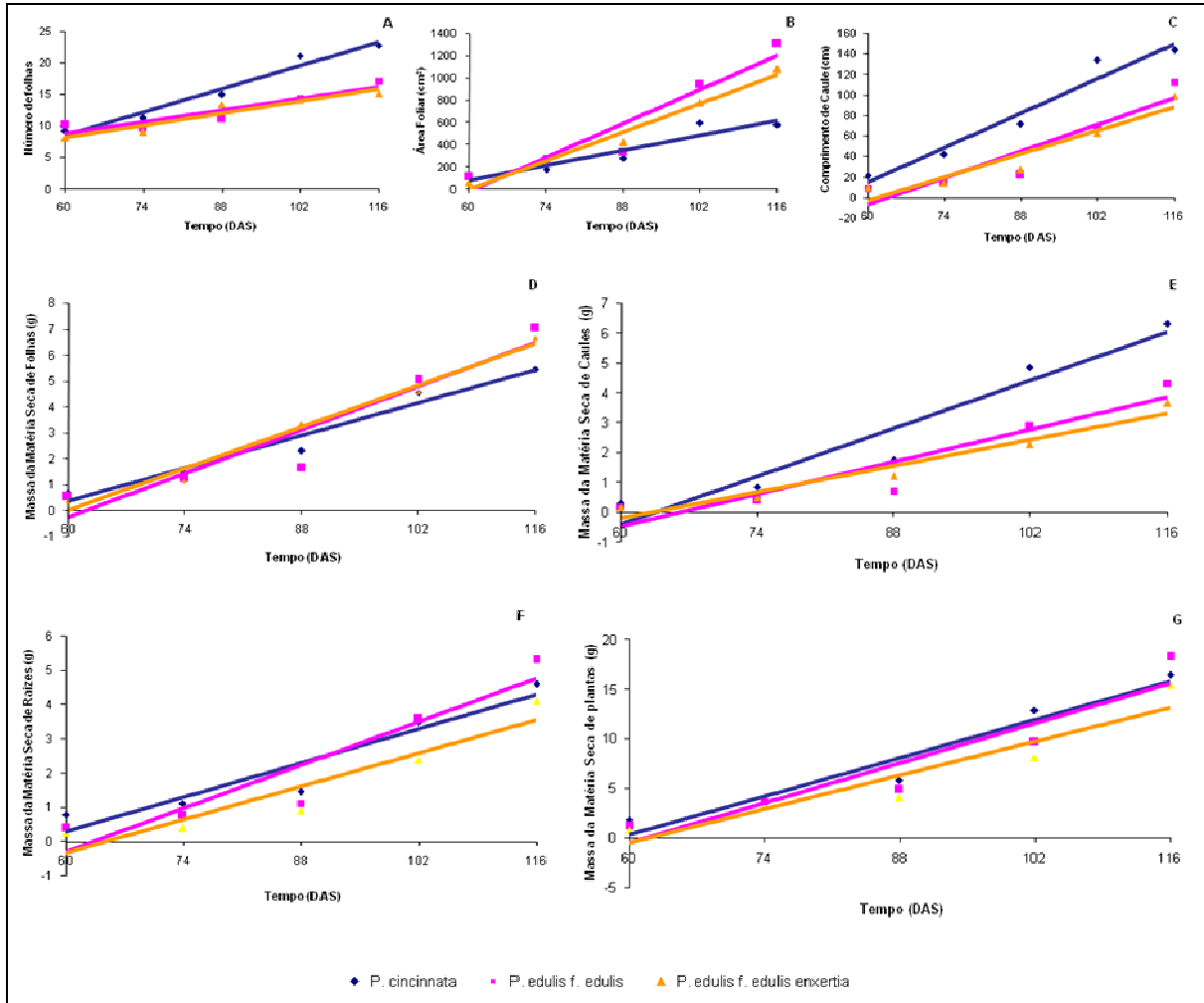
Tratamentos	Número de Folhas						
	Tempo (DAS)					Equação Matemática	R <sup>2</sup>
	60	74	88	102	116		
<i>P. cincinnata</i>	9,5 a	11,7 a	15,0 a	21,5 a	23,2 a	$y = 0,2634x + 4,9125$	96
<i>P. alata</i>	7,0 a	8,7 a	11,0 b	13,5 b	19,0 b	$y = 0,2045x - 6,3429$	94
<i>P. alata enxertia</i>	6,5 a	8,7 a	10,7 b	14,0 b	17,0 b	$y = 0,1804x + 3,625$	99
CV (%)							12
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )							
<i>P. cincinnata</i>	113 a	178 b	282 b	533 b	595 d	$y = 9,6929x - 56,539$	86
<i>P. alata</i>	230 a	534 a	735 a	1002 a	1642 a	$y = 0,269x^2 + 0,915x + 210,57$	98
<i>P. alata enxertia</i>	138 a	352 ab	467 ab	1009 a	1459 ab	$y = 0,3279x^2 - 3,9676x + 145,04$	98
CV (%)							22
Comprimento de Caule (cm)							
<i>P. cincinnata</i>	21 a	42 a	72 a	134 a	145 ab	$y = 2,4179x - 18,6$	95
<i>P. alata</i>	16 a	31 a	49 ab	93 BC	143 ab	$y = 0,0355x^2 - 0,7371x + 20,588$	99
<i>P. alata enxertia</i>	16 a	21 a	32 b	83 c	119 b	$y = 0,0333x^2 - 0,8134x + 15,313$	98
CV (%)							19
Massa da Matéria Seca de Folhas (g)							
<i>P. cincinnata</i>	0,69 a	1,47 a	2,32 b	4,58 c	5,46 c	$y = 0,0903x - 0,883$	96
<i>P. alata</i>	0,82 a	3,13 a	5,09 a	6,42 b	11,18 a	$y = 0,0015x^2 + 0,0413x + 0,2573$	97
<i>P. alata enxertia</i>	0,82 a	2,36 ab	4,17 a	6,89 ab	9,99 ab	$y = 0,0016x^2 + 0,028x + 0,2862$	99
CV (%)							10
Massa da Matéria Seca de Caules (g)							
<i>P. cincinnata</i>	0,261 a	0,843 a	1,745 a	4,855 a	6,336 b	$y = 0,0015x^2 - 0,0101x + 0,0316$	96
<i>P. alata</i>	0,448 a	1,451 a	2,682 a	4,813 a	8,245 a	$y = 0,0021x^2 - 0,0408x + 0,7198$	99
<i>P. alata enxertia</i>	0,261 a	0,894 a	1,723 a	4,714 a	7,099 ab	$y = 0,0021x^2 - 0,0485x + 0,5232$	99
CV (%)							12
Massa da Matéria Seca de Raiz (g)							
<i>P. cincinnata</i>	0,812 a	1,128 ab	1,494 ab	3,486 a	4,624 ab	$y = 0,089x - 5,2763$	86
<i>P. alata</i>	0,706 a	2,573 a	2,765 a	3,661 a	5,503 a	$y = 0,0763x - 0,1628$	93
<i>P. alata enxertia</i>	0,387 a	0,883 b	1,138 b	2,535 a	3,025 b	$y = 0,0495x - 0,484$	94
F							
CV (%)							20
Massa da Matéria Seca de Plantas (g)							
<i>P. cincinnata</i>	1,812 a	3,442 b	5,564 b	12,92 b	16,42 b	$y = 0,2765x - 16,296$	93
<i>P. alata</i>	1,976 a	7,163 a	10,542 a	14,89 ab	22,32 a	$y = 0,3459x - 3,1486$	98
<i>P. alata enxertia</i>	1,626 a	4,147 b	7,033 b	14,13 ab	20,12 ab	$y = 0,3356x - 20,122$	94
CV (%)							9

\* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

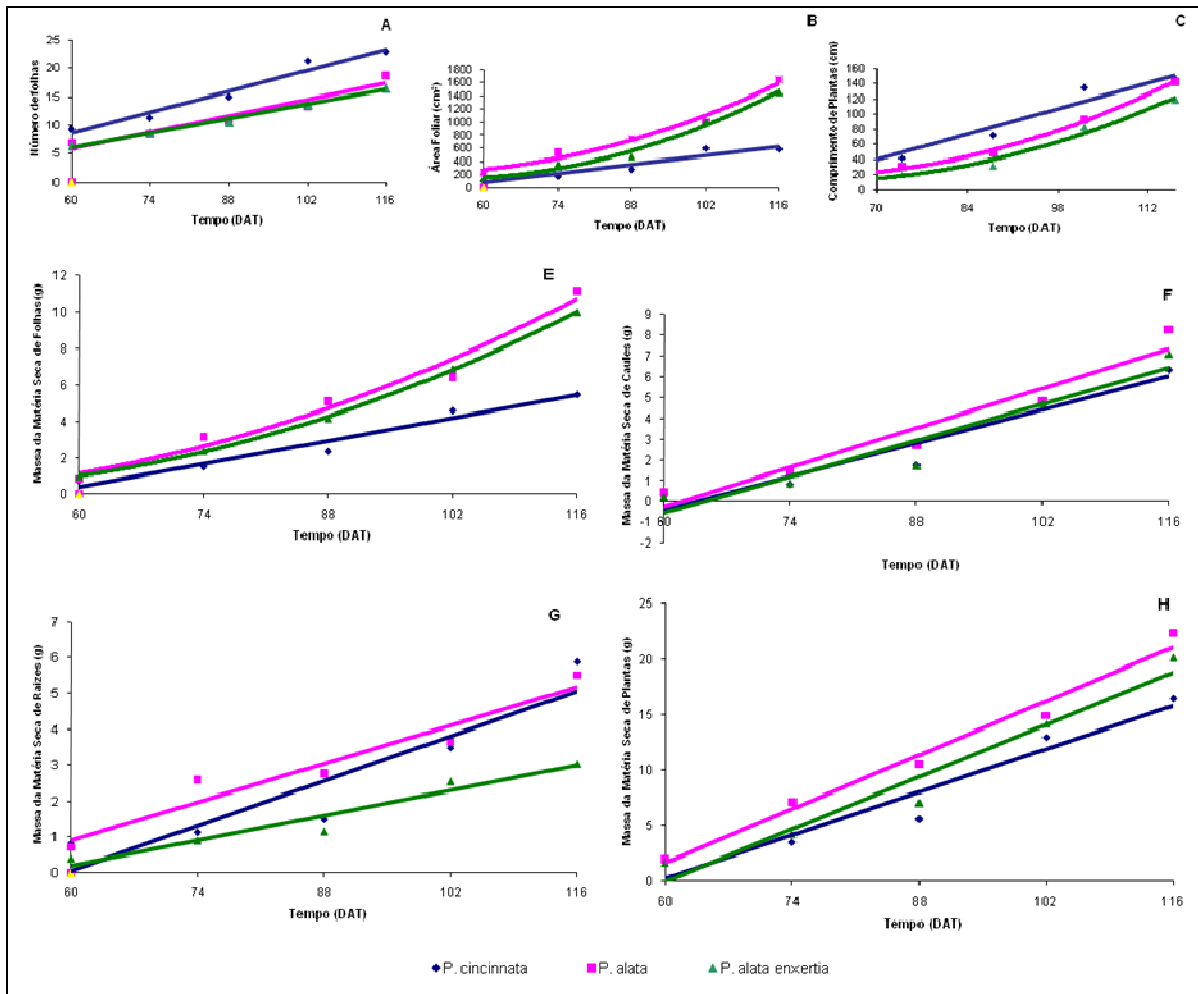




**Figura 1:** Ajuste de regressão para número de folhas (A), área foliar (B), altura de plantas (C), massa da matéria seca de folhas (D), caules (E), raiz (F) e de plantas (G) em função do tempo (60, 74, 88, 102 e 116 dias após a semeadura – DAS) a partir de plantas de maracujazeiro *Passiflora cincinnata*, *P. edulis* f. *flavicarpa* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*.



**Figura 2:** Ajuste de regressão para número de folhas (A), área foliar (B), altura de plantas (C), massa da matéria seca de folhas (D), caules (E), raiz (F) e de plantas (G) em função do tempo (60, 74, 88, 102 e 116 dias após a semeadura – DAS) a partir de plantas de maracujazeiro *Passiflora cincinnata*, *P. edulis f. edulis* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*.



**Figura 3:** Ajuste de regressão para número de folhas (A), área foliar (B), altura de plantas (C), massa da matéria seca de folhas (D), caules (E), raiz (F) e de plantas (G) em função do tempo (60, 74, 88, 102 e 116 dias após a semeadura – DAS) a partir de plantas de maracujazeiro *Passiflora cincinnata*, *P. alata* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata*.

Os teores de nutrientes foliares estão apresentados nas Tabela 4 (macronutrientes) e Tabela 5 (micronutrientes). Apesar de relatos da influência positiva da enxertia sobre a absorção e composição mineral das plantas (Lima et al., 1980) é possível observar que a influência do porta enxerto variou de acordo com a espécie e com o mineral estudado. Essa variação, principalmente entre as espécies, se deve às diferenças genéticas entre as mesmas, pois segundo Gabelman e Gerloff (1983) há controle genético nos processos de absorção, transporte e redistribuição de nutrientes nas plantas.

Para o maracujazeiro Azedo o porta enxerto não interferiu nos teores dos macronutrientes, N e S (Tabela 4) e dos micronutrientes, B, Fe e Zn (Tabela 5). Porém, as plantas enxertadas apresentaram maiores teores de P, K, Ca, Mg e Cu e menor teor de Mn quando comparadas às plantas de *P. edulis* f. *edulis* não enxertadas.

No maracujazeiro Roxo o porta enxerto não interferiu nos teores de macronutrientes, N e P (Tabela 4) e de micronutrientes, Cu e Mn (Tabela 5). Para todos os demais as plantas enxertadas apresentaram valores significativamente menores quando comparadas às plantas não enxertadas da mesma espécie.

No maracujazeiro Doce apenas o Mg (Tabela 4) e Cu (Tabela 5) não diferiram entre plantas enxertadas e não enxertadas. Os teores dos macronutrientes, N, P e K e dos micronutrientes, Fe, Mn e Zn, foram maiores nas plantas enxertadas. Já os teores de Ca, S e B foram menores nas plantas enxertadas quando comparadas às plantas não enxertadas.

Os valores de N obtidos neste trabalho (30-35 g kg<sup>-1</sup>) estão abaixo do recomendado por Menzel et al. (1991) que observaram melhor crescimento das plantas de maracujazeiro híbrido (Azedo x Roxo) quando estes apresentavam teores foliares de N em torno de 45 a 55 g kg<sup>-1</sup>.

Os valores obtidos também diferem, em sua maioria, dos relatados por Carvalho et al. (2002) em maracujazeiro Azedo cultivado com diferentes doses de nitrogênio que apresentaram teores foliares nas diferentes épocas do ano variando de 40,8 a 58,1 g kg<sup>-1</sup> de N, 2,58 a 3,85 g kg<sup>-1</sup> de P, 23,2 a 38 g kg<sup>-1</sup> de K, 6,13 a 14,4 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2,23 a 4,28 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 3,2 a 4,64 g kg<sup>-1</sup> de S, 77 a 246 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, 21,1 a 31,8 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, 44,4 a 94,5 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, 34,1 a 48,9 mg kg<sup>-1</sup> de B e 4,41 a 8,47 mg kg<sup>-1</sup> de Cu.

No presente trabalho, de maneira geral, com exceção do Ca, Mg, Fe e Mn, as médias obtidas foram menores que as mencionadas pelos autores supra citados. É preciso ressaltar que, além da espécie, a idade das plantas e condições de cultivo foram diferentes. No entanto, não foram encontrados na literatura estudos com espécies da família Passifloraceae que contemplem o efeito da enxertia nos teores foliares de minerais e, dessa forma, a comparação

dos resultados do presente trabalho fica prejudicada, o que não impede que tais resultados auxiliem a discussão de novos estudos relacionados ao tema.

Os resultados demonstraram que, de forma geral, a enxertia sobre a espécie *P. cincinnata* não interferiu de maneira prejudicial no desenvolvimento inicial e nos teores de minerais das plantas de maracujazeiros comerciais e que essa interferência variou conforme a enxerto utilizado.

**Tabela 4:** Teores foliares de macronutrientes obtidos aos 116 dias após a semeadura a partir de plantas de maracujazeiro, *Passiflora cincinnata*, maracujazeiros comerciais não enxertados e enxertados sobre *P. cincinnata*.

<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>						
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg <sup>-1</sup> )					
<i>P. cincinnata</i>	35 a	1,2 a	17,7 ab	16,5 a	3,0 b	2,1 b
<i>P. edulis f. flavicarpa</i>	30 b	1,0 b	16,5 b	10,7 c	2,2 c	2,4 a
<i>P. edulis f. flavicarpa</i> Enxertia	30 b	1,3 a	18,7 a	13,7 b	3,4 a	2,3 a
C.V. (%)	6	10	7	9	6	7
<i>Passiflora edulis f. edulis</i>						
<i>P. cincinnata</i>	35 a	1,0 b	17,7 b	16,5 b	3,0 c	2,0 b
<i>P. edulis f. edulis</i>	34 a	2,6 a	20,0 a	19,5 a	10,1 a	4,6 a
<i>P. edulis f. edulis</i> Enxertia	33 a	3,0 a	18,3 b	14,8 b	7,7 b	2,6 b
C.V. (%)	4	19	6	11	14	16
<i>Passiflora alata</i>						
<i>P. cincinnata</i>	35 a	1,2 b	17,7 a	16,5 a	3,0 a	2,1 b
<i>P. alata</i>	27 c	1,1 b	12,7 c	13,7 b	3,1 a	2,4 a
<i>P. alata</i> Enxertia	30 b	1,5 a	15,0 b	11,2 c	2,8 a	2,2 b
C.V. (%)	5	5	7	6	7	6

\* Médias seguidas de letras iguais, na coluna para cada espécie de maracujazeiro comercial, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 5:** Teores foliares de micronutrientes obtidos aos 116 dias após a semeadura a partir de plantas de maracujazeiro, *Passiflora cincinnata*, maracujazeiros comerciais não enxertados e de maracujazeiros comerciais enxertados sobre *P. cincinnata*.

<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>						
Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	(mg kg <sup>-1</sup> )					
<i>P. cincinnata</i>	93 a	6,0 a	209 a	50 b	14 a	
<i>P. edulis f. flavicarpa</i>	83 b	4,6 b	198 a	65 a	16 a	
<i>P. edulis f. flavicarpa</i> Enxertia	82 b	6,0 a	212 a	51 b	17 a	
C.V. (%)	9	11	7	11	16	
<i>Passiflora edulis f. edulis</i>						
<i>P. cincinnata</i>	93 b	6,0 a	209 a	50 a	14,2 c	
<i>P. edulis f. edulis</i>	277 a	3,3 b	112 b	48 a	38,8 a	
<i>P. edulis f. edulis</i> Enxertia	117 b	3,5 b	100 c	40 a	23,7 b	
C.V. (%)	23	15	6	17	14	
<i>Passiflora alata</i>						
<i>P. cincinnata</i>	87 b	5,75 a	209 b	52 a	14 b	
<i>P. alata</i>	135 a	6,00 a	242 b	27 c	14 b	
<i>P. alata</i> Enxertia	74 b	5,25 a	343 a	44 b	19 a	
C.V. (%)	11	14	20	13	7	

\* Médias seguidas de letras iguais, na coluna para cada espécie de maracujazeiro comercial, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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-Árido, 2004. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 61).
- BAAS, P.; CHENGLER, L.; XINYING, Z.; KEMING, C.; YUEFEN, D. Some effects of dwarf growth on Wood structure. **International Association of Wood Anatomists Bulletin**, v.45, p.63-74, 1984.
- BASILE, B.; MARSAL, J.; SOLARI, I.; TYREE, M.T.; BRYLA, D.R.; DEJONG, T.M. Hydraulic conductance of peach trees grafted on rootstocks with differing size-controlling potentials. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.78, n.6, p.768-774, 2003.
- BELOYGUE, C.; WERY, J.; COWAN, A.A.; TARDIEU, F. Contribution of leaf expansion, rates of leaf appearance, and stolon branching to growth of plants leaf area under water deficit in white clover. **Crop Science**, v.36, n.5, p.1240-1246, 1996.
- BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.
- BRANDÃO FILHO, J.U.T.; GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J.D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.474-477, 2003.
- CARVALHO, A.J.C.; MONNERAT, P.H.; MARTINS, D.P.; BERNARDO, S.; SILVA, J.A. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.121-127, 2002.
- Ebel, R.C.; CAYOR, A.W.; PITTS, J.A.; WILKINS, B.S. Mineral nutrition during establishment of Golden Delicious ‘Smoothie’ apples on dwarfing rootstocks and interstems. **Journal of Plant Nutrition**, v.23, p.1179-1192, 2000.
- FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1269-1290, 2001.
- GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant Soil**, v.72, p.335-350, 1983.
- ITAI, C.; BIRNBAUM, H. Synthesis of plant regulators by roots. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKATI, U. **Plant roots**. New York: Basel, 1991. p.163-178.
- JUNQUEIRA, N.T.V.; LAGE, D.A.C.; BRAGA, M.F.; PEIXOTO, J.R.; BORGES, T.A.; ANDRADE, S.R.O. Reação a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro Azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas herbáceas de passiflora silvestre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.97-100, 2006.
- LARSCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 529p.

LIMA, A.A. Aspectos fitotécnicos: desafios da pesquisa. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRO, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.295-313.

LIMA, L.A.; MICHAN, M.M.; SALIBE, A.A. Concentração de boro e enxofre em folhas de laranjeiras doces, determinados por diferentes porta-enxertos e enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.2, p.54-61, 1980.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p.345-385.

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

MENZEL, C.M.; HAYDON, G.E.; SIMPSON, D.R. Effect of nitrogen on growth and flowering of passionfruit (*Passiflora edulis* f. *edulis* x *P. edulis* f. *flavicarpa*) in sand culture. **Journal of Horticultural Science**, v.66, p.689-702, 1991.

NOGUEIRA FILHO, G.C.; RONCATTO, G.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C.; MALHEIROS, E.B. Desenvolvimento de plantas de maracujazeiro-amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar em cinco porta-enxertos de passifloras silvestres. v.32, n.2, p.535-543, 2010.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja. **Scientia Agrícola**, v.50, p.261-266, 1993.

PACE, C.A.M. Comparação de quatro métodos de enxertia para o maracujazeiro amarelo *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina: SBF, 1984. p.983-988.

RUGGIERO, C. Situação da cultura do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.21, n.206, p.5-9, 2000.

SANTOS, A.; RIBEIRO, R.E.; CRESPI, A.L. Sweet cherry (*Prunus avium*) growth is mostly affected by rootstock and much less by budding height. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.32, p.309-318, 2004.

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



SORCE, C.; MASSAI, R.; PICCIARELLI, P.; LORENZI, R. Hormonal relationships in xylem sap of grafted and ungrafted Prunus rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.93, p.333-342, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artimed, 2009.

VASCONCELLOS, M.A.S.; SILVA, A.C.; SILVA, A.C.; REIS, F.O. Ecofisiologia do Maracujazeiro e implicações na exploração diversificada. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRO, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.295-313.

ZUCARELI, V.; FERREIRA, G.; AMARO, A.C.E.; DE FAZIO, J.L.; GA<sub>4+7</sub> + N-(Fenilmetil)-Aminopurina na germinação de sementes e emergência de plântulas de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.1, p.216-223, 2009.

**5. ANATOMIA DA ENXERTIA DE MARACUJAZEIROS COMERCIAIS (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata*) SOBRE O PORTA ENXERTO *Passiflora cincinnata*.**

## **ANATOMIA DA ENXERTIA DE MARACUJAZEIROS (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata*) SOBRE O PORTA ENXERTO *Passiflora cincinnata***

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo estudar aspectos anatômicos da enxertia de maracujazeiros comerciais (*P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata*) sobre a espécie *P. cincinnata*. A enxertia foi realizada quando as plântulas apresentavam um par de folhas expandidas (30 dias após a germinação). Segmentos de caule na região da enxertia foram coletados aos oito e 30 dias após a enxertia (DAE), fixados em FAA 50% por vinte e quatro horas e, posteriormente, conservados em etanol 70%. Foram realizados estudos anatômicos em microscopia fotônica (lâminas semipermanentes) ou em preparações para a microscopia eletrônica de varredura. Na análise dos resultados observou-se que nas duas espécies, aos oito DAE, não havia união entre os tecidos caulinares na região superior da enxertia e que, próximo da região inferior os tecidos apresentavam-se unidos. Sob secção transversal observou-se células em diferenciação e, também, regiões com os tecidos já unidos. Também foi observado que na região inferior da enxertia, o parênquima medular de *P. cincinnata* apresentou diferenciação celular unindo-se a pequena parte do cilindro vascular de *P. edulis* f. *flavicarpa*. Estruturas anômalas de cicatrização ou calos puderam ser observadas em várias regiões de contato entre o enxerto e o porta enxerto. Aos 30 DAE verificou-se que os tecidos vasculares de *P. edulis* e de *P. cincinnata* apresentavam grande quantidade de células em diferenciação. Em microscopia eletrônica de varredura, sob secção longitudinal, observou-se a união praticamente total entre as espécies. Nesse período torna-se difícil a visualização e identificação das espécies, pois o processo de união encontra-se nos estádios finais. Conclui-se que há compatibilidade entre as espécies comerciais e o porta enxerto *P. cincinnata* e que, aos 30 DAE já ocorreu a união entre as espécies.

**Palavras-chave:** Maracujá, passifloráceas, porta enxerto, vasos condutores.

## **ANATOMY OF THE GRAFTING OF PASSION FRUIT TREES (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* and *P. alata*) ONTO THE ROOTSTOCK *P. cincinnata***

**Abstract:** The present work aimed to evaluate anatomical aspects related to the grafting of commercial passion fruit trees (*P. edulis* f. *flavicarpa* and *P. alata*) onto the species *P. cincinnata*. Grafting was performed when seedlings presented one pair of fully expanded leaves (30 days after germination). Stem sections were collected from the grafting region at eight and 30 days after grafting (DAG), fixed in FAA 50% for 24h, then kept in ethanol 70%. Anatomical analyses were done by photonic microscopy (semipermanent slides) or in preparations for scanning electron microscopy. For both species, at 8 DAE stem tissues were not joined at the upper grafting region but near the lower one. Transversal section revealed cells under differentiation and regions with already joined tissues. *P. cincinnata* pith parenchyma showed cell differentiation at the lower grafting region joining to the small part of *P. edulis* f. *flavicarpa* vascular cylinder. Healing anomalous structures or calluses were detected in several contact regions between the canopy and the rootstock. At 30 DAE, *P. edulis* and *P. cincinnata* vascular tissues had a large quantity of cells under differentiation. Longitudinal section under scanning electron microscope showed almost total junction between species. In that period, the visualization and identification of species become difficult since the junction process is in its final stages. In conclusion, there is compatibility between commercial species and the rootstock *P. cincinnata*, and at 30 DAE the junction between species had already occurred.

**Keywords:** Passion fruit, Passifloraceae species, rootstock, conducting vessels.

## INTRODUÇÃO

A técnica de enxertia iniciou-se na Itália e na Europa a partir dos anos 60, mas assumiu importância com o desenvolvimento da fruticultura industrial sendo o principal método de propagação vegetativa na fruticultura, atualmente (Loreti, 2008).

É recomendada no sentido de garantir sanidade às plantas por meio do uso de porta enxertos tolerantes e/ou resistentes a insetos e doenças. Em maracujazeiros esta prática prolonga a vida útil das plantas, preserva a qualidade do material genético e pode perenizar a cultura contribuindo assim, para a implantação de pomares tecnicamente superiores àqueles formados por plantas oriundas de sementes (Lima, 2004). Também garante vantagens devido a produção de plantas semelhantes, mais resistentes às pragas, doenças e à seca, redução do volume de copa e melhoria na qualidade de suco (Ruggiero et al., 1994 citado por Kluge, 1998).

Recentemente, a enxertia hipocotiledonar tem sido recomendada para o maracujazeiro (Nogueira Filho et al., 2010). A técnica consiste em fazer, no porta enxerto, uma pequena fenda na superfície do caule logo abaixo das folhas cotiledonares, onde será inserido a copa de plantas jovens de seis a oito centímetros da espécie ou variedade que se deseja enxertar. Segundo Kimura (1994) essa técnica tem apresentado excelente rendimento sendo uma metodologia simples que proporciona redução de tempo para a formação da muda quando comparada à enxertia em mudas desenvolvidas.

A união do enxerto é a base da enxertia que se dá pelo entrelaçamento do tecido caloso, oriundo dos câmbios do porta enxerto e enxerto. Essas células do calo, que são parenquimatosas, diferenciam-se em novo tecido cambial, que por sua vez, continua a diferenciação formando nova conexão viva entre o sistema radicial (porta enxerto) e a copa (enxerto) (Janick, 1966).

O porta enxerto pode pertencer à mesma espécie ou gênero, mas geralmente, são utilizadas as que mais diferem geneticamente dentro da mesma espécie ou gênero (Pina; Errea, 2005). A espécie silvestre *Passiflora cincinnata* Mast., conhecida popularmente como maracujá do mato (Nunes; Queiroz, 2001; Bernacci et al., 2003), é vigorosa e apresenta genes de resistência aos estresses bióticos e abióticos (Coelho, 2009) sendo considerada potencialmente importante para uso como porta enxerto para maracujazeiros comerciais (São José, 1994; Ferreira; Oliveira, 1991; Ruggiero; Oliveira, 1998; Araújo et al., 2004; Coelho, 2009).

Nogueira Filho et al. (2010a) estudaram os aspectos histológicos da união da enxertia hipocotiledonar do maracujazeiro comercial *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e não verificaram

diferenças anatômicas na formação da união da enxertia entre a espécie copa e os sete porta enxertos utilizados. Observaram também que, um mês após a realização da enxertia, a conexão entre os tecidos vasculares do enxerto e do porta enxerto já havia se completado. No entanto, os autores não mencionam quais foram os porta enxertos utilizados, o que dificulta a discussão e entendimento do trabalho.

Em estudo com uso de microscopia eletrônica de varredura, Nogueira Filho et al. (2010b) verificaram que quando o maracujazeiro amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa*) foi enxertado sobre *P. alata* a soldadura ocorreu aos seis dias após a enxertia (DAE). Já quando enxertada sobre a própria espécie a soldadura só aconteceu aos nove DAE.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar aspectos anatômicos da enxertia de maracujazeiros comerciais (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata*) sobre a espécie *P. cincinnata*.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado no laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia Animal e Vegetal (BAV) do Centro de Ciências Biológicas (CCB) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) com mudas de plantas de maracujazeiros cultivadas no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu.

Segmentos de caule da região da enxertia foram coletados aos 8 e 30 dias após a enxertia (DAE), sendo a enxertia realizada aos 30 dias após a semeadura (DAS). As amostras foram fixadas em FAA 50% (Johansen, 1940) por 24 horas e, posteriormente, conservadas em etanol 70%. Os segmentos com 8 DAE foram seccionados à mão livre, transversal e longitudinalmente, enquanto os de 30 DAE receberam apenas cortes transversais. As secções obtidas foram coradas com Azul de Astra e Fucsina básica (Kraus; Arduin, 1997) e montadas sobre lâminas histológicas com glicerina e cobertas por lamínulas. As lâminas obtidas foram analisadas e fotografadas em microscópio MOTIC B1 SERIES acoplado à câmera MOTICAM 2300 3.0 MP Live Resolution. A formatação das imagens fotomicrografadas, incluindo suas escalas, foi realizada através do programa Motic Images Plus version 2.0 ML.

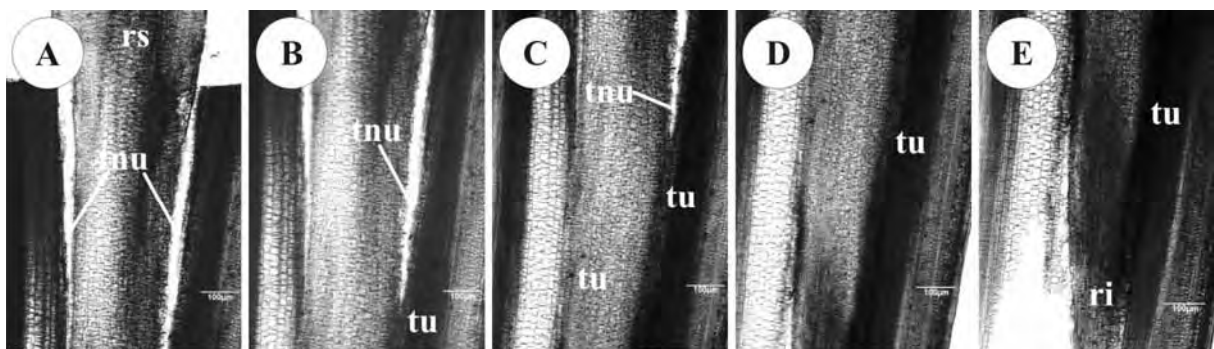
Segmentos seccionados transversal e longitudinalmente da região da enxertia com 8 e 30 dias também foram analisados em microscopia eletrônica de varredura, no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Universidade Estadual de Londrina. Para tanto, os segmentos foram previamente fixados em FAA 70% (Johansen, 1940) por 24 horas, lavados em tampão fosfato (pH 7,2) 0,1M por 3 vezes de 15 minutos, e fixados em tetróxido de ósmio

1%, por aproximadamente duas horas. Decorrido esse tempo, as amostras foram novamente lavadas em tampão fosfato (pH 7,2) 0,1M por 3 vezes de 15 minutos, desidratadas em série alcoólica crescente e submetidas à secagem ao ponto crítico com CO<sub>2</sub>, no equipamento Baltec Critical Point Dryer CPD 0,30 (Bal-Tec). As amostras foram montadas em suporte metálico, coladas com uma mistura de esmalte incolor e grafite, metalizadas a vácuo com uma película de ouro a uma espessura depositada de 25 nm, no equipamento Spulter Coater SCD 050 (Bal-Tec). Em seguida, foram montados em “stubs” para as observações e os registros fotográficos, que foram realizados em vista frontal, no Microscópio Eletrônico de Varredura FEI modelo Quanta 200.

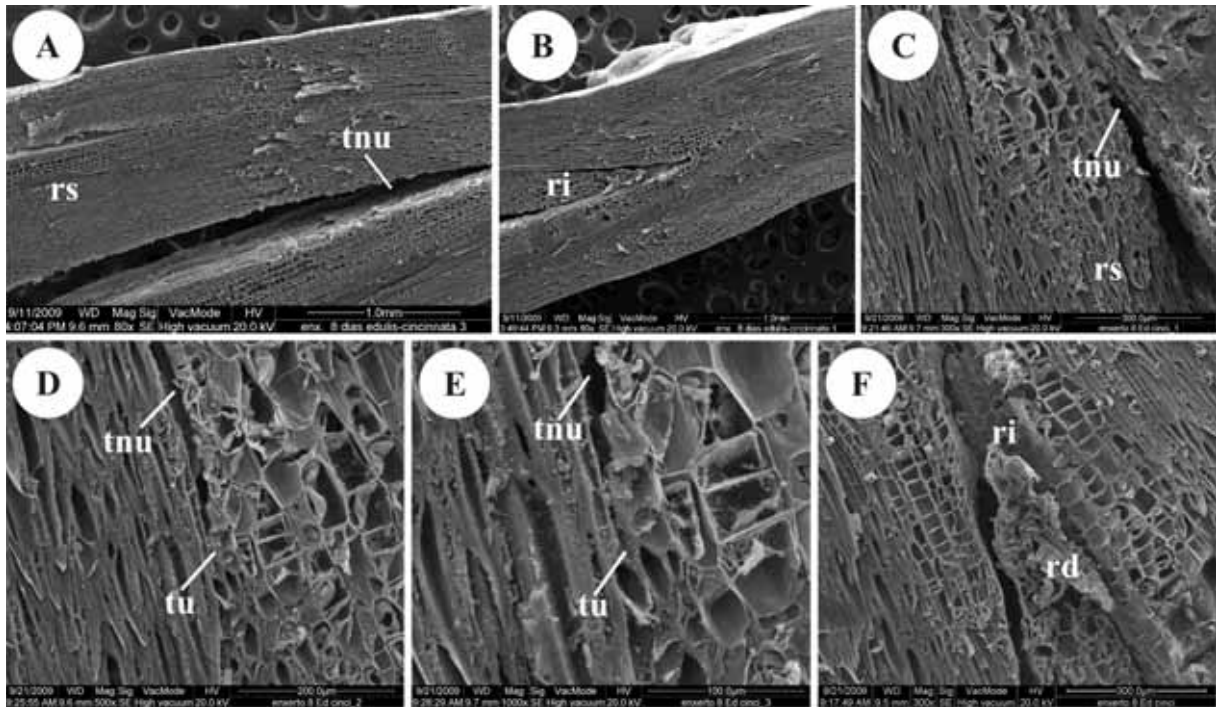
## RESULTADOS

### *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* enxertadas sobre *P. cincinnata* (8 DAE)

A análise dos cortes seriados em secção longitudinal permitiu a constatação de que, aos 8 DAE, nas proximidades da região superior, ainda não havia ocorrido a união entre os tecidos caulinares (Fig. 3 – A, B e C; Fig. 4 – A e C). Ficou evidente que nas regiões mais inferiores do caule de *P. edulis* f. *flavicarpa* a união entre os tecidos dos caules das duas espécies já estava concluída (Fig. 3 – B e C; Fig. 4 – A, D e E). Notou-se, ainda, que a região inferior do caule de *P. edulis* f. *flavicarpa* estava danificada (Fig. 4 – B e F), o que, possivelmente, ocorreu devido à pressão exercida no momento da inserção do enxerto sobre o porta enxerto *P. cincinnata*.



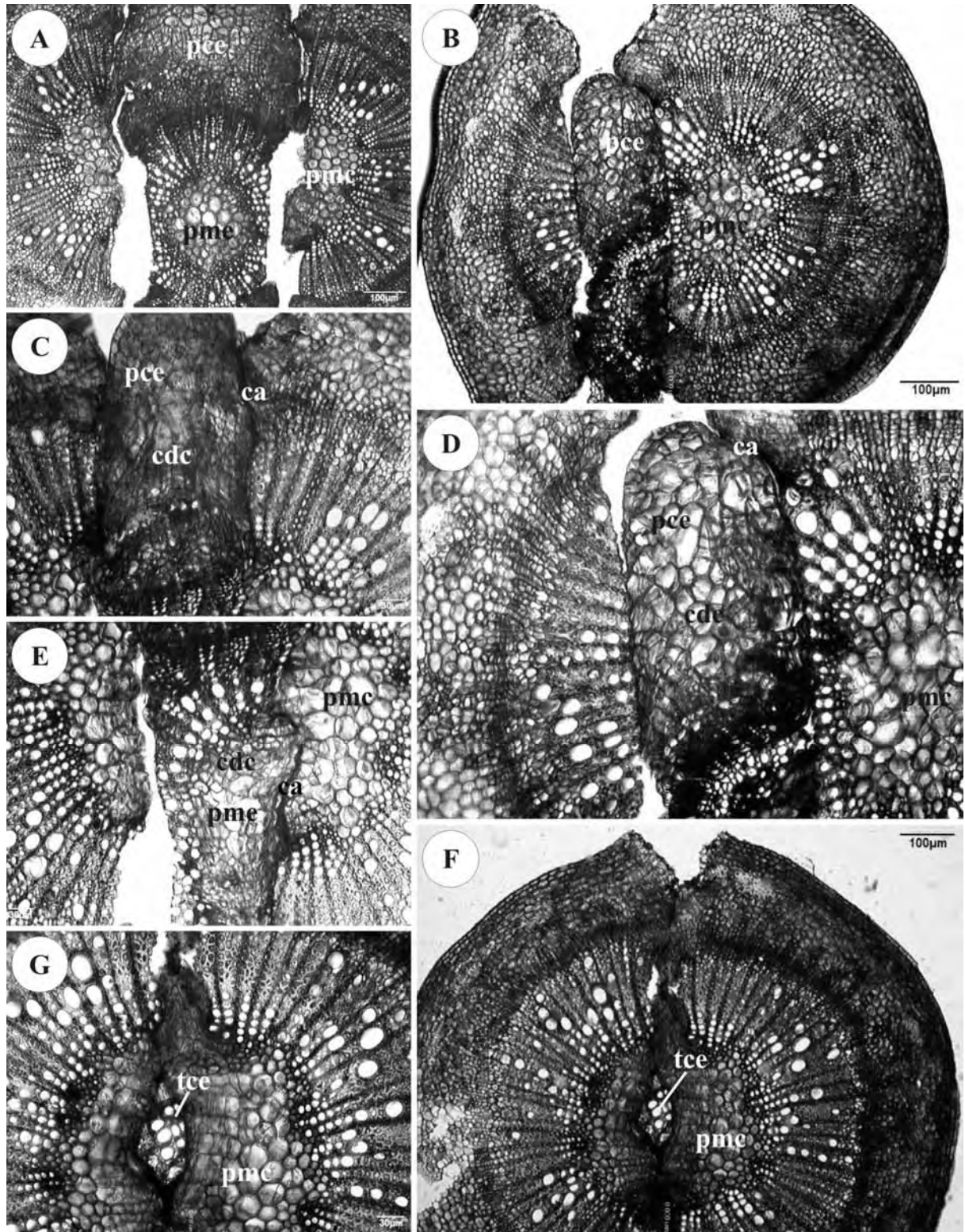
**Figura 3.** A – E. Secções longitudinais seriadas da região da enxertia aos 8 dias após a enxertia (DAE) de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* sobre o porta enxerto *P. cincinnata*. **Legenda:** tnu: tecidos não unidos, tu: tecidos unidos.



**Figura 4.** Secções longitudinais da região da enxertia aos 8 dias após a enxertia de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* sobre *P. cincinnata*. **A e B** – Aspecto geral da região enxertada. **C, D e E** – Detalhes da região de enxertia mostrando a região onde não houve união e a região onde os tecidos caulinares encontram-se unidos. **F** – Detalhe da região danificada. **Legenda:** rd: região danificada; ri: região inferior; rs: região superior; tnu: tecidos não unidos; tu: tecidos unidos.

As secções transversais também permitiram verificar regiões onde os tecidos apresentavam-se unidos e outras onde ainda não havia ocorrido a ligação (Fig. 5 – A). Observou-se que, durante o início do processo de enxertia, grande quantidade de células passou por diferenciação celular (Fig. 5 – C a E). No parênquima cortical de *P. edulis* f. *flavicarpa*, as células diferenciaram-se e uniram-se à região cambial (próxima aos feixes vasculares) de *P. cincinnata* (Fig. 5 – C e D). Ainda notou-se que um dos lados da região medular de *P. edulis* f. *flavicarpa* apresentou processo semelhante ao ocorrido no parênquima cortical, unindo-se à região medular de *P. cincinnata*, enquanto o outro lado não apresentou tal união entre os tecidos (Fig. 5 – E). Em secção transversal, também é possível visualizar que na região inferior da enxertia, as células da região medular de *P. cincinnata* diferenciaram-se, unindo esta região a pequena parte do cilindro vascular de *P. edulis* f. *flavicarpa* (Fig. 5 – F e G). Estruturas anômalas, consideradas por alguns autores como de cicatrização ou calos, foram observadas em várias regiões de contato entre o enxerto e o porta enxerto (Fig. 5 – C a F).

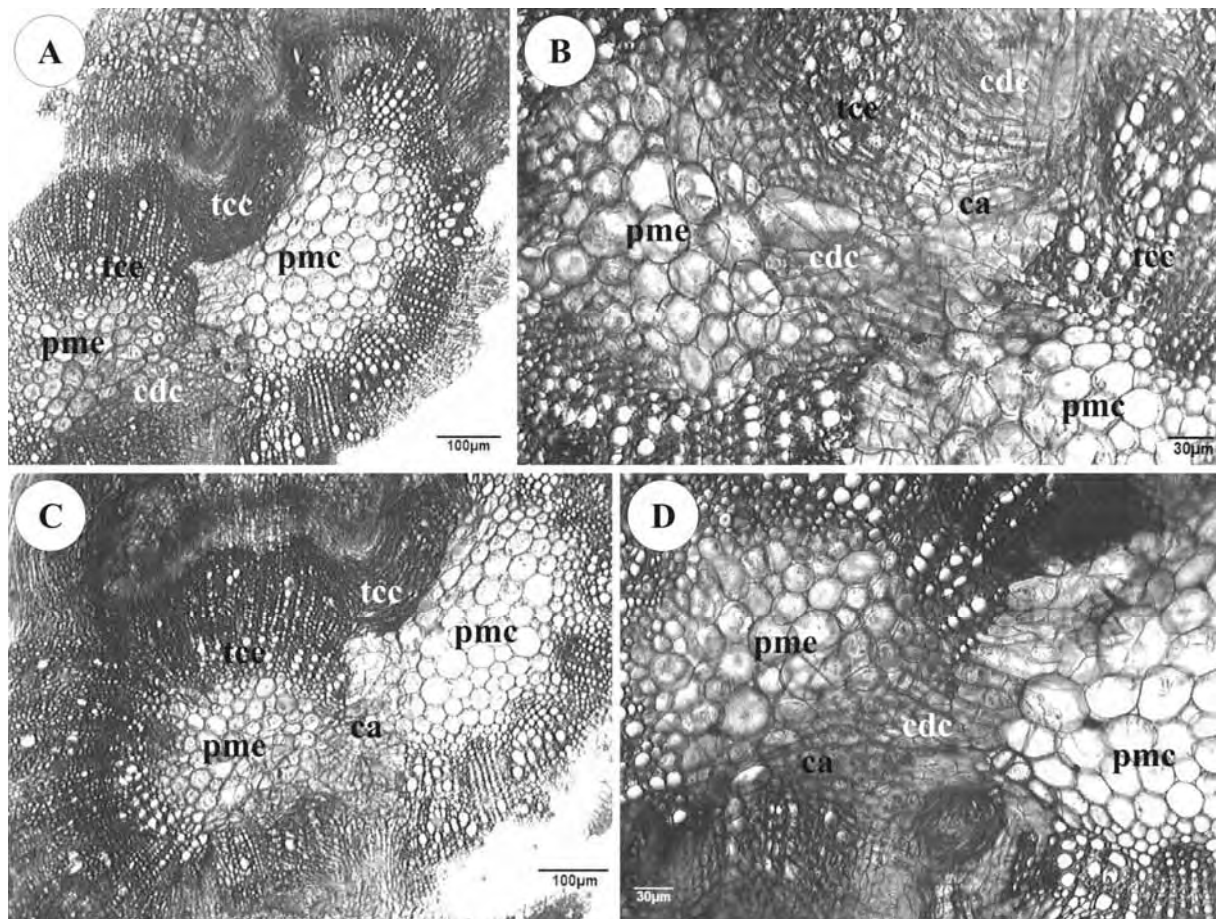




**Figura 5.** Secções transversais da região de enxertia de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* sobre o porta enxerto *P. cincinnata*, aos 8 dias após enxertia. **A e B** – Aspecto geral mostrando regiões unidas e regiões ainda não unidas das duas espécies. **C, D e E** – Regiões de união entre as duas espécies, onde ocorrem células parenquimáticas em diferenciação. **F e G** – Região medular de *P. cincinnata* evidenciando parte do tecido vascular de *P. edulis* f. *flavicarpa*. **Legenda:** cdc: células em diferenciação celular; ca: calos, pce: parênquima cortical de *P. edulis*; pme: parênquima medular de *P. edulis*; pmc: parênquima medular de *P. cincinnata*; tce: tecido condutor *P. edulis*.

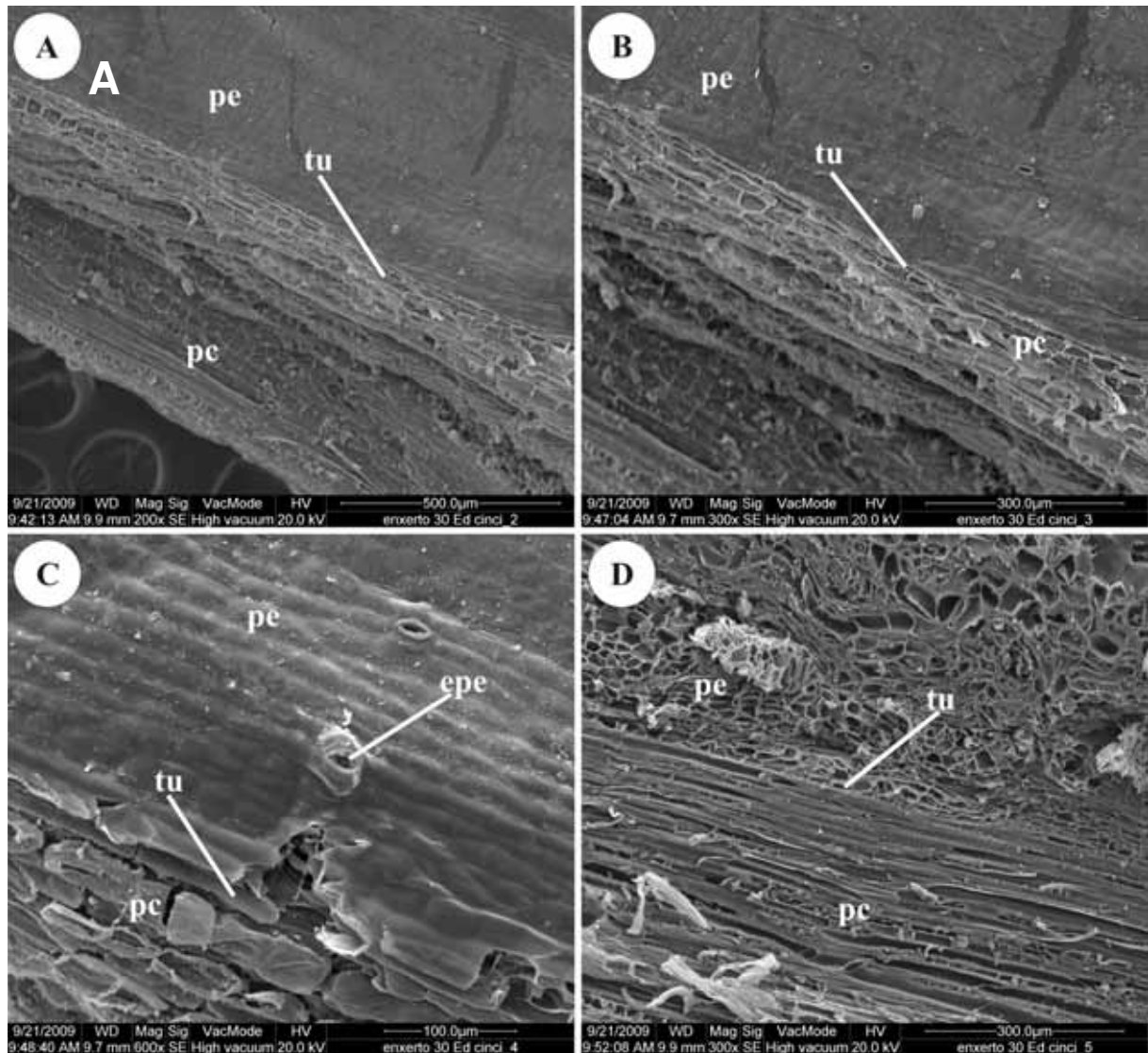
***Passiflora edulis* f. *flavicarpa* enxertadas sobre *P. cincinnata* (30 DAE)**

Aos 30 dias após a enxertia (DAE) foi possível verificar regiões onde as células já se diferenciaram e os tecidos das duas espécies já estavam unidos e regiões onde as células parenquimáticas ainda estavam se diferenciando, para que a união se efetivasse. Notou-se que, tanto as células dos tecidos vasculares de *P. edulis* f. *flavicarpa* quanto as de *P. cincinnata* apresentaram uma grande quantidade de células em modificação (Fig. 6 – A e C). A região medular de ambas as espécies também contém células totipotentes capazes de se diferenciar (Figs. 6 – A a D). Identificam-se regiões em processo de cicatrização – calos (Figs. 6 - B e D).



**Figura 6.** Secções transversais da região de enxertia de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* sobre o porta enxerto *P. cincinnata*, 30 dias após enxertia. **A e C** - Aspecto geral mostrando regiões onde houve união entre os tecidos e células em modificação. **B e D** – Detalhe da região medular de *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. cincinnata*. **Legenda:** cdc: células em diferenciação celular; ca: calos; pme: parênquima medular de *P. edulis* f. *flavicarpa*; pme: parênquima medular *P. cincinnata*; tce: tecido condutor *P. edulis* f. *flavicarpa*; tcc: tecido condutor de *P. cincinnata*.

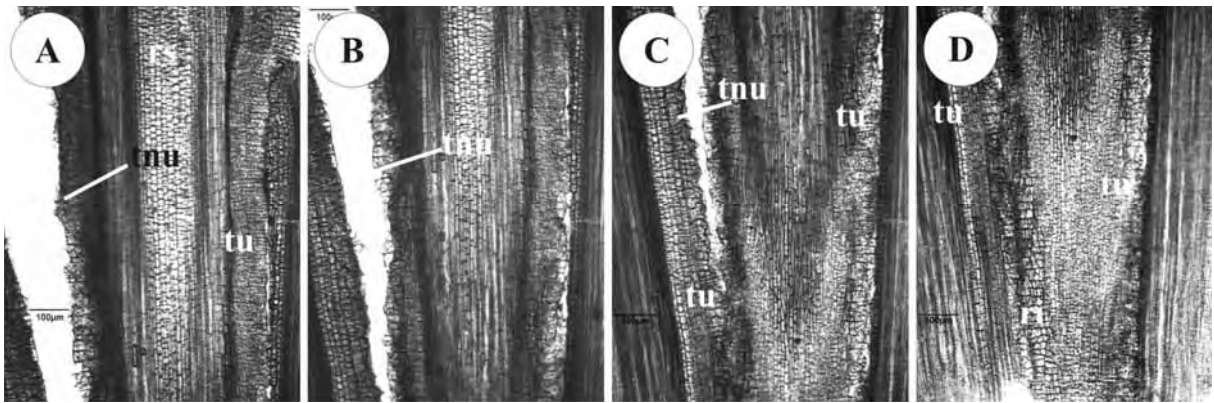
Em microscopia eletrônica de varredura, sob secção longitudinal, observou-se a união praticamente total entre as espécies na região da enxertia aos 30 dias, o que tornou difícil o reconhecimento e delimitação das duas espécies (Fig. 7 – A, B e D). Foi possível verificar a presença de estômatos caulinares em *P. edulis* f. *flavicarpa* (Fig. 7 – C).



**Figura 7.** Secções longitudinais da região de enxertia entre *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *P. cincinnata*, com 30 dias após a enxertia, em microscopia eletrônica de varredura. **A, B e D** – Detalhe da região de enxertia mostrando regiões onde os tecidos caulinares encontram-se unidos. **C** – Detalhe de um estômato de *P. edulis* f. *flavicarpa*. **Legenda:** pe: *P. edulis* f. *flavicarpa*; pc: *P. cincinnata*; tu: tecidos unidos; epe: estômatos *P. edulis* f. *flavicarpa*.

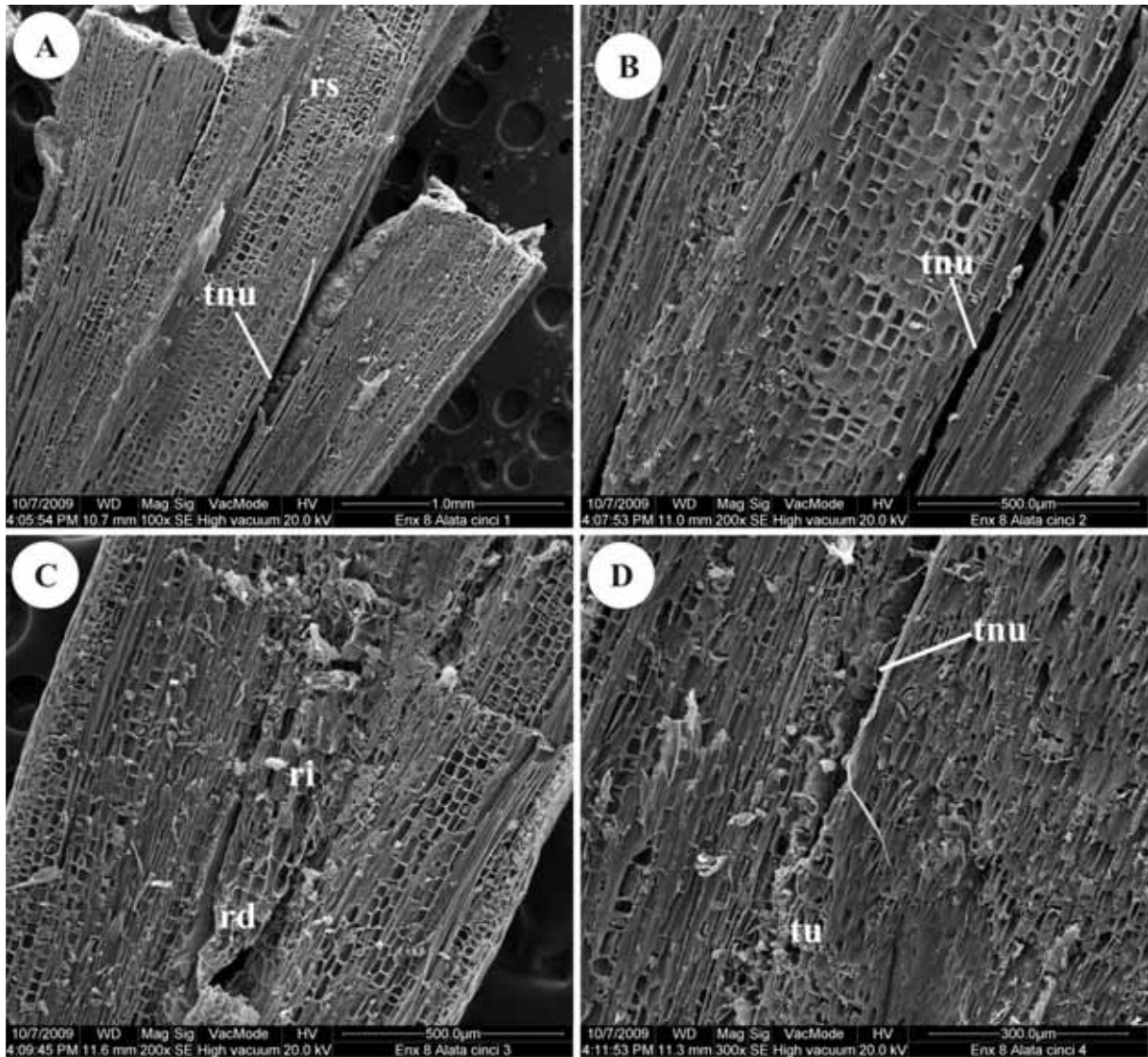
***Passiflora alata* enxertadas sobre *P. cincinnata* (8 DAE)**

Por meio de cortes seriados em secção longitudinal, assim como na enxertia de *P. edulis* f. *flavicarpa* sobre *P. cincinnata*, foi possível visualizar as regiões em que houve ou não a união entre os tecidos das espécies em questão. Nas proximidades da região superior observou-se que houve união em uma das laterais da enxertia e, também, a não união entre os tecidos caulinares na outra lateral (Fig. 8 – A, B e C e Fig. 9 – A e B). Ficou evidente que quanto mais o caule de *P. alata* é inserido em *P. cincinnata* mais ocorre união entre o caule das duas espécies (Figs. 8 – A, B, C e D e Fig. 9 - D). Em uma visão mais detalhada (Fig. 9 – C) notou-se que a região inferior do caule de *P. alata* encontrava-se danificada em virtude da pressão exercida no momento de inserção da mesma sobre o porta enxerto *P. cincinnata*.



**Figura 8.** A, B, C e D – Secções longitudinais seriadas da região de enxertia de *Passiflora alata* sobre o porta enxerto *P. cincinnata*, aos 8 dias após a enxertia, mostrando locais em que houve união entre os tecidos e regiões onde a união ainda não ocorreu. **Legenda:** rs: região superior; ri: região inferior; tnu: tecidos não unidos; tu: tecidos unidos.

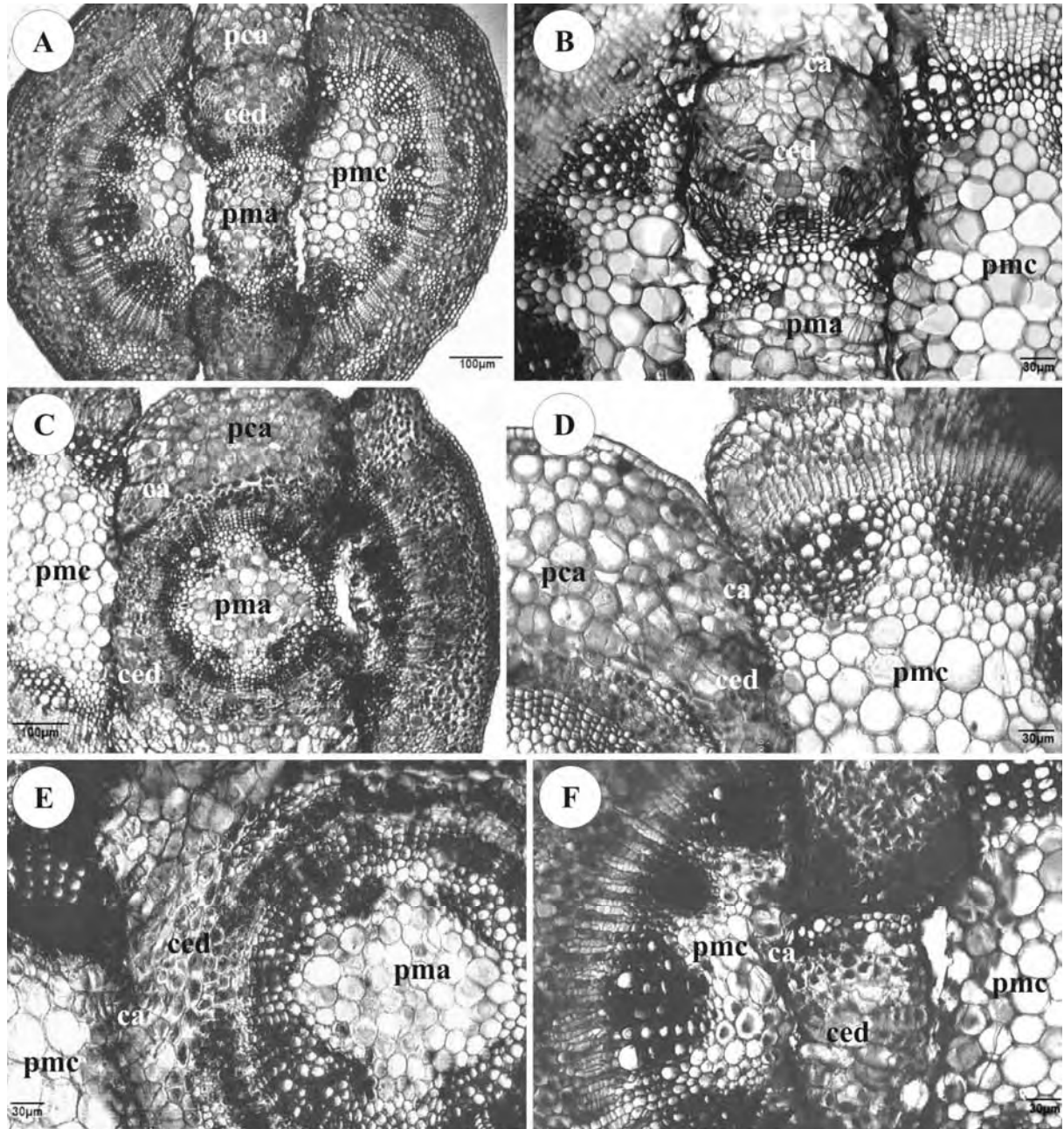




**Figura 9.** Secções longitudinais da região de enxertia de *Passiflora alata* e *P. cincinnata* com 8 dias após enxertia, em microscopia eletrônica de varredura. **A** – Aspecto geral. **B e D** – Detalhe da região de enxertia mostrando região onde não houve união e outra região onde os tecidos caulinares uniram-se. **C** – Detalhe da região posterior do caule de *P. alata*. **Legenda:** pa: *Passiflora alata*; pc: *P. cincinnata*; ra: região anterior; rp: região posterior; tnu: tecidos não unidos; tu: tecidos unidos.

Em secção transversal, confirmando o que foi observado em secções longitudinais, foi possível identificar regiões onde os tecidos apresentavam-se unidos e outras onde ainda não havia ocorrido a ligação (Fig. 10 – A). Durante o processo de enxertia há grande quantidade de células em diferenciação celular (Fig. 10 - B, C, D, E e F). A região do parênquima cortical de *P. alata*, assim como em *P. edulis* f. *flavicarpa*, apresentou células totipotentes, com capacidade para diferenciação e, por consequência, uniu-se à região cambial e medular de *P. cincinnata* (Figs. 42 - B, C, D e F). Notou-se também que a região medular de *P. alata*,

passou por processo semelhante ocorrido no parênquima cortical e uniu-se à região medular de *P. cincinnata* (Fig. 10 – B e F). Foi evidente a presença de processos de cicatrização, com formação de calos, nas áreas que envolviam a união de tecidos (Fig. 10 – B, D, E e F).

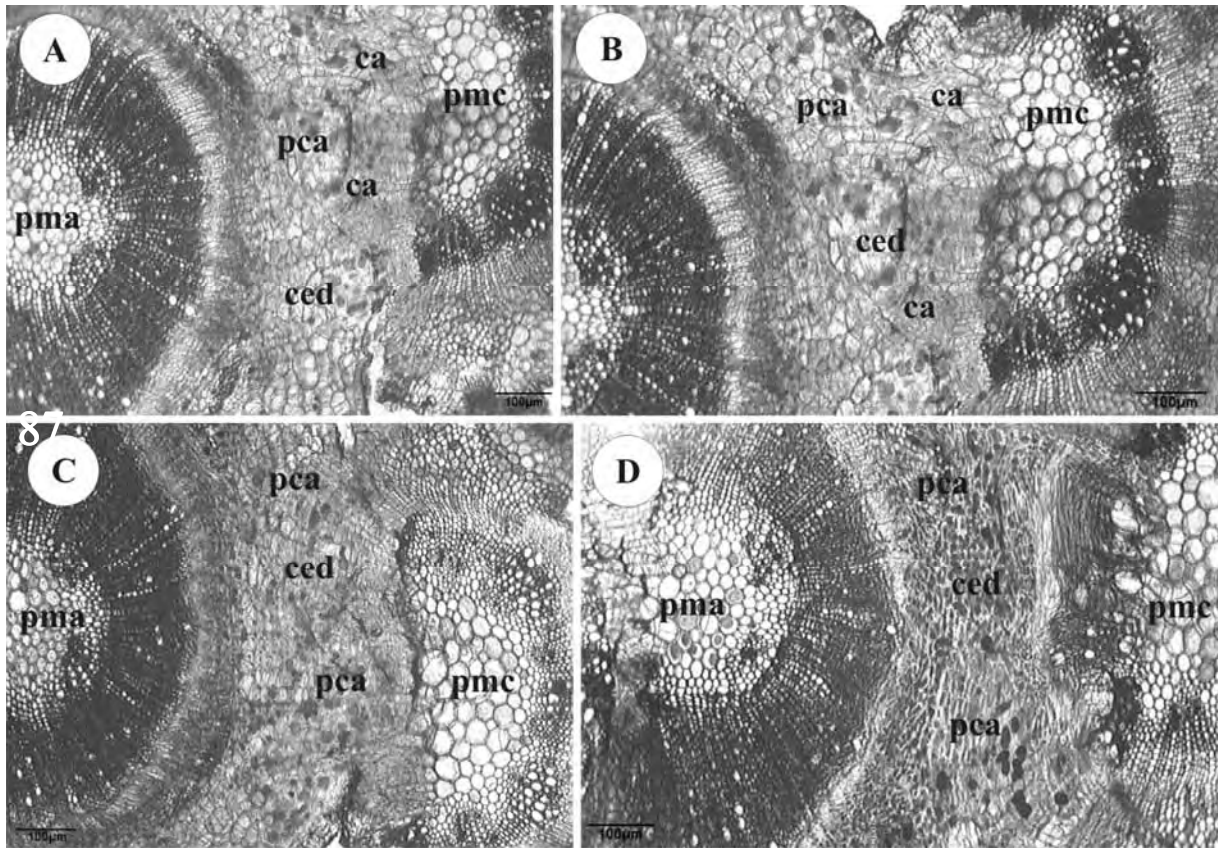


**Figura 10.** Secções transversais da região de enxertia de *Passiflora alata* sobre o porta enxerto *P. cincinnata*, aos 8 dias após enxertia. **A e C** – Aspecto geral mostrando regiões onde houve união e onde não ocorreu. **B, D, E e F** – Regiões de união destacando regiões com células em diferenciação. **Legenda:** cdc: células em diferenciação celular; pca: parênquima cortical *P. alata*; pmc: parênquima medular *P. cincinnata*.

***Passiflora alata* enxertadas sobre *P. cincinnata* (30 DAE)**

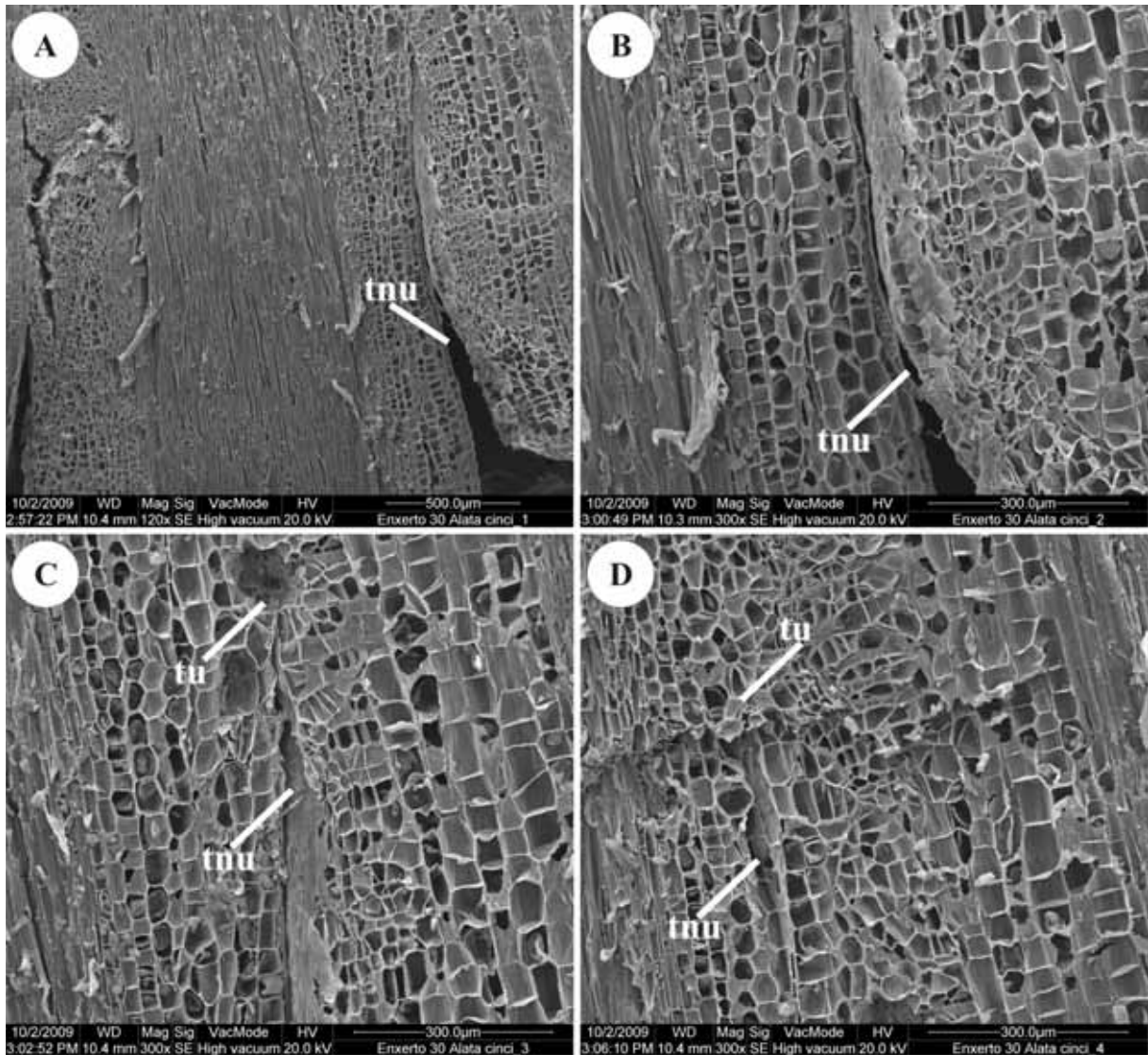
Após 30 dias da enxertia, igualmente como ocorreu com o enxerto produzido com *P. edulis* f. *flavicarpa*, foi possível verificar apenas a diferenciação das células e as regiões onde elas predominaram. Notou-se, também, que tanto as células dos tecidos vasculares de *P. alata* quanto de *P. cincinnata* apresentaram grande quantidade de células em modificação. A região medular de *P. cincinnata* apresentou intensa atividade de diferenciação, unindo-se a região cortical e cambial de *P. alata* que também contém células totipotentes capazes de se diferenciar (Figs. 11 – A, B, C e D). Isso comprova a união perfeita entre as espécies, não havendo a formação de nenhum tecido de rejeição, apenas regiões de cicatrização (calos) (Fig. 11 – A, B, C e D e Fig. 44 – A).

Com 30 dias tornou-se difícil o reconhecimento e delimitação das espécies, pois o processo de união encontrava-se nos estádios finais. Foi possível identificar tal afirmação através da microscopia eletrônica de varredura (sob secção longitudinal), observando-se que, em cortes seriados, os tecidos uniram-se aos poucos, até que se torne impossível delimitar as espécies na região de enxertia (Fig. 12 – A, B, C e D).



**Figura 11.** Secções transversais da região de enxertia de *Passiflora alata* sobre o porta enxerto *P. cincinnata*, aos 30 dias após enxertia. **A, B, C e D** – Aspecto geral mostrando uma região de união do parênquima cortical de *P. alata* com parte do parênquima cortical e medular de *P. cincinnata* e células em modificação. **Legenda:** cdc: células em diferenciação celular; ca: calos; pca: parênquima cortical de *P. alata*; pmc: parênquima medular *P. cincinnata*.





**Figura 12. Enxerto** - Microscopia Eletrônica de Varredura da região enxertada entre *Passiflora alata* e *P. cincinnata*, com 30 dias após enxertia. **A** - Organização geral da região enxertada. **B, C e D** - Detalhes da região de enxertia mostrando região onde os tecidos caulinares ainda não estão unidos e outra área onde os mesmos encontram-se unidos. **Legenda:** tu: tecidos unidos; tnu: tecidos não unidos.

## DISCUSSÃO

Anatomicamente, a enxertia compreende três processos principais: adesão entre enxerto e porta enxerto, proliferação das células do calo na interface enxerto/porta enxerto e a diferenciação vascular na interface da enxertia (Moore, 1984). Tais eventos, com exceção do último, foram observados nas espécies estudadas, o que confirma que o processo foi concluído com sucesso.

Durante a fase inicial da enxertia observou-se que grande quantidade de células parenquimáticas do enxerto e do porta enxerto se dividiu e preencheu o espaço entre eles, dando origem ao chamado calo, que é um tecido parenquimático resultante da proliferação de várias células parenquimáticas próximas à superfície da enxertia e que também, é responsável pela restauração da continuidade cambial, se o câmbio vascular foi seccionado pela lesão (Esau, 1976).

O processo de diferenciação dos elementos vasculares na região do calo é um dos últimos a se instalar (Hartman et al., 2002) e não foi observado até os 30 dias, período no qual as espécies deste estudo foram acompanhadas; contudo, já era possível identificar regiões onde o câmbio vascular das duas espécies estavam se unindo para que, posteriormente, tal diferenciação fosse concluída.

O estabelecimento da ligação dos enxertos envolve muitos aspectos e as causas do êxito ou do fracasso da enxertia não são perfeitamente conhecidas (Esau, 1976), podendo ser relativas ao processo de junção entre enxerto e porta enxerto ou mesmo com relação ao aparato enzimático das espécies em questão. Para Roberts (1968), o maior problema, entretanto, não é a natureza da junção, mas a incompatibilidade, um fenômeno que envolve a interação entre enxerto e porta enxerto.

Segundo Rodrigues et al. (2002), no processo de enxertia, a atividade de peroxidases apresenta grande importância, pois pode influenciar nas respostas de estresse da incompatibilidade do processo, interferindo na união entre enxerto e porta enxerto.

Existem alguns estudos anatômicos relacionados a processos de microenxertia *in vitro*, porém estudos envolvendo técnicas de garfagem de fenda cheia ainda são raros. Para compreender, ontogeneticamente, como o processo de enxertia se dá, serão necessários trabalhos sistematizados, sobre tudo citológicos, bioquímicos de parede, hormonais, além do refinamento das técnicas do processo.

Em um trabalho semelhante a este, Nogueira Filho et al. (2010b) estudaram a anatomia da região da enxertia de *P. edulis* f. *flavicarpa* sobre dois porta enxertos, *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata* e os resultados obtidos demonstraram que a união entre este enxerto e os

referidos porta enxertos aconteceu em 9 e 6 dias, respectivamente. O presente trabalho constatou que a união da enxertia de *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata* sobre *P. cincinnata*, já estava instalada aos oito dias, contudo a união não foi examinada antes deste período.

No presente trabalho, não houve evidência em favor de nenhuma das espécies de enxerto em relação à eficiência de pegamento. As análises dos enxertos entre as espécies comerciais e *P. cincinnata* revelaram a compatibilidade entre as espécies, que muitas vezes pode não ocorrer.

## CONCLUSÕES

- A metodologia de enxertia hipocotiledonar pôde ser estabelecida de maneira anatomicamente eficiente nas espécies *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata* sobre *P. cincinnata*.
- Nesse caso, a conclusão seria que “há compatibilidade” e que, aos 8 dias já ocorreu a formação de calos e que, aos 30 dias, estes já estão diferenciados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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-Árido, 2004. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 61).
- BERNACCI, L.C.; VITTA, F.A.; BAKKER, Y.V. *Passiflora L.* In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M.; MELHEM, T.S. **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa/FAPESP, 2003. v.3, p.248-274.
- COELHO, M.S.E. **Caracterização citogenética de *Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*, *P. cincinnata Mast.* e seu híbrido interespecífico**. 2009. 80f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2009.
- ESAU, K. Anatomia das plantas com semen-tes. 9. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 293p.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES Jr, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1966. 485p.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: Mc Graw Hill, 1940.
- KIMURA, A. **Estudo da enxertia hipocotiledonar de plântulas em *Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*** 1994. 56f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.
- KLUGE, R.A. Maracujazeiro (*Passiflora sp.*). In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Coords.). **Ecofisiologia de fruteiras tropicais**. São Paulo: Nobel, 1998. p. 32-47.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Rural, 1997.
- LIMA, A.A. Aspectos fitotécnicos: desafios da pesquisa. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 295-313.
- LORETI, F. Porta-enxertos para a cultura do pêssegueiro do terceiro milênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.274-284, 2008.
- MOORE, R. A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. **American Journal of Botany**, v. 71, n.5, p. 752-758, 1984.
- NOGUEIRA FILHO, G.C.; RONCATTO, G.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C.; MALHEIROS, E.B.; DAMIÃO FILHO, C.F. Aspectos histológicos da união da enxertia hipocotiledonar do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 515-521, 2010a.

NOGUEIRA FILHO, G.C.; RONCATTO, G.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C.; MALHEIROS, E.B. Estudo da enxertia hipocotiledonar fazer mudas de maracujazeiro-amarelo Sobre Dois porta-enxertos, através de microscopia Eletrônica de varredura. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 32, n. 2, p.647-652, 2010b.

PINA, A.; ERREA, P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility-incompatibility. **Scientia Horticulturae**, v.106, p.1-11, 2005.

ROBERTS, L.W. The initiation of xylem differentiation. **Botanical Review**, v.35, 210-250, 1968.

RODRIGUES, A.C.; DINIZ, A.C.; FACHINELLO, J.B.S.; FARIA, J.L.C. Peroxidases e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus* sp. nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.

**6. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora edulis* f. *edulis*) ENXERTADAS SOBRE *Passiflora cincinnata***

## RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora edulis* f. *edulis*) ENXERTADAS SOBRE *Passiflora cincinnata*

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo estudar as respostas ao estresse hídrico em plantas de maracujazeiros, *Passiflora cincinnata*, *P. edulis* f. *edulis* não enxertados e enxertadas sobre *P. cincinnata*. Foram utilizados vasos de 10 litros preenchidos com terra sendo transplantado uma planta por vaso e cada um correspondeu a uma parcela. O experimento foi constituído por seis tratamentos: T1: *Passiflora cincinnata* não enxertada; T2: *P. cincinnata* não enxertada com suspensão da irrigação; T3: *P. edulis* f. *edulis* não enxertada; T4: *P. edulis* f. *edulis* não enxertada com suspensão da irrigação; T5: *P. edulis* f. *edulis* enxertada em *P. cincinnata* e T6: *P. edulis* f. *edulis* enxertada em *P. cincinnata* com suspensão da irrigação. Aos 60 dias após o transplântio as plantas foram submetidas aos tratamentos hídricos sendo os tratamentos 1, 3 e 5 irrigados diariamente e os tratamentos 2, 4 e 6 submetidos a suspensão da irrigação até que as plantas atingissem taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> próxima de zero quando, então, voltaram a ser irrigadas diariamente. Foram avaliadas as taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), eficiência instantânea de uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g<sub>s</sub>), eficiência momentânea da atividade da enzima Ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (A/Ci), eficiência fotoquímica potencial (FV/FM), eficiência quântica efetiva do fotossistema II (PhPS2) e transporte de elétrons (ETR). Também foi determinada a atividade das enzimas peroxidases (PODs), catalases (CAT) e superóxido dismutases (SOD) e, ainda, imagens dos estômatos por microscopia eletrônica de varredura. Pelos resultados obtidos e nas condições deste experimento pode-se concluir que as espécies *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *edulis* tem comportamento fisiológico e bioquímico diferenciado quando submetidas a condições de estresse hídrico e que a enxertia interferiu nas respostas à restrição hídrica, sendo estas mais evidentes na atividade das enzimas antioxidantes. Também, observou-se que as duas espécies apresentam adaptações morfológicas estomáticas para minimizar a perda d'água.

**Palavras-chave:** Trocas gasosas, atividade enzimática, enzimas antioxidantes, ecofisiologia, maracujá.

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES TO WATER STRESS IN PASSION FRUIT TREES (*Passiflora edulis* f. *edulis*) GRAFTED ONTO *Passiflora cincinnata***

**Abstract:** The present work aimed to evaluate responses to water stress in the passion fruit trees *Passiflora cincinnata* and *P. edulis* f. *edulis* ungrafted and grafted onto *P. cincinnata*. Pots (10L) filled with land contained one plant each and each pot corresponded to one plot. The experiment was composed of six treatments: T1: ungrafted *Passiflora cincinnata*; T2: ungrafted *P. cincinnata* with suspension of irrigation; T3: ungrafted *P. edulis* f. *edulis*; T4: ungrafted *P. edulis* f. *edulis* with suspension of irrigation; T5: *P. edulis* f. *edulis* grafted onto *P. cincinnata* and T6: *P. edulis* f. *edulis* grafted onto *P. cincinnata* with suspension of irrigation. At 60 days after transplanting, plants were subjected to water treatments, with daily irrigation (T1, T3 and T5) and suspension of irrigation until their net CO<sub>2</sub> assimilation rate was around zero, when they started to be daily irrigated again (T2, T4 and T6). Net CO<sub>2</sub> assimilation rate (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), internal CO<sub>2</sub> concentration (Ci), instantaneous water-use efficiency (A/E), intrinsic water-use efficiency (A/g<sub>s</sub>), instantaneous efficiency of Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (A/Ci) activity, potential photochemical efficiency (FV/FM), effective quantum efficiency of photosystem II (PhPS2) and electron transport (ETR) were evaluated. Peroxidases (PODs), catalases (CAT) and superoxide dismutases (SOD) activities were also determined. Stomatal images were obtained by scanning electron microscopy. The obtained results and the conditions of this experiment led to the conclusion that the species *P. cincinnata* and *P. edulis* f. *edulis* differed as to physiological and biochemical responses when subjected to water stress conditions, and grafting interfered with the responses to water restriction, which were more evident in the activities of antioxidant enzymes. Furthermore, both species present morphological stomatal adaptations to minimize water loss.

**Keywords:** Gas exchange, enzymatic activity, antioxidant enzymes, ecophysiology, passion fruit.



## INTRODUÇÃO

A baixa disponibilidade hídrica é um dos principais problemas da agricultura e a habilidade das plantas em resistir a tal estresse é de suma importância para o desenvolvimento do agronegócio (Shao et al., 2008). Segundo Ruggiero e Oliveira (1998) a constatação de que plantas de *Passiflora caerulea*, mesmo sob condições de estiagem, apresentavam crescimento vegetativo despertou, já em 1994, a atenção para possíveis espécies que serviriam como porta enxertos a serem empregados em áreas sem irrigação e com baixa disponibilidade hídrica.

Para Matsubara (1989) a tolerância à baixa temperatura, seca, inundação e estresse salino podem ser influenciadas pelo porta enxerto. Sob deficiência hídrica, a interação entre porta enxerto e copa pode se tornar mais significativa, podendo as diferenças na capacidade do sistema radicial dos porta enxertos em absorver água, ser responsável pelas variações no grau de tolerância à seca da cultivar copa (Carbonneau, 1985). Segundo Araújo et al. (2004), o uso de porta enxertos resistentes à seca, como *Passiflora cincinnata* Mast., pode oferecer condições de cultivo do maracujazeiro comercial em condições de déficit hídrico.

As respostas ao déficit hídrico em plantas inicia-se a partir de uma complexa via, começando com a percepção do estresse, o qual desencadeia uma cascata de eventos moleculares, sendo finalizada em vários níveis de respostas fisiológicas, metabólicas e de desenvolvimento (Bray, 1993).

Castro Neto (2003) menciona que as trocas gasosas podem ser usadas no estudo de relações hídricas do vegetal, uma vez que o processo transpiratório reflete a disponibilidade de água na planta. Além das trocas gasosas, a fluorescência da clorofila pode ser utilizada como um mecanismo eficiente para medições fotossintéticas (Genty et al., 1989) e fornece informações rápidas e não destrutivas acerca da conversão, transferência e dissipação da energia luminosa em nível de fotossistema II (Bilger et al., 1995).

Também, a formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) tem sido relatada por vários autores como produto do estresse biótico e abiótico (Reddy et al., 2004). As plantas possuem sistemas de defesa antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos muito eficientes, que permitem a eliminação de espécies reativas e garantem a proteção contra os danos oxidativos causados por elas. Este sistema de defesa das plantas inclui diversas enzimas antioxidantes nos diferentes compartimentos celulares (Hernández et al., 2001).

Dentre as principais enzimas pode-se citar as superóxido dismutases (SOD), as peroxidases de ascorbato (APX) e as catalases (CAT) que juntamente com outras enzimas do ciclo ascorbato-25glutathiona promovem a eliminação das ROS (Hernández et al., 2001). Portanto, o balanço das atividades dessas enzimas é crucial na supressão dos níveis tóxicos

das espécies reativas de oxigênio na célula (Apel; Hirt, 2004).

Também, as espécies vegetais podem apresentar variações quanto ao número, frequência, tamanho, distribuição, forma e a mobilidade dos estômatos, o que conseqüentemente interfere na capacidade fotossintética destas e estão relacionadas com a produção e com as resistências aos estresses bióticos e abióticos (Silva et al., 2005).

De acordo com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo estudar as respostas ao estresse hídrico em plantas de maracujazeiros, *Passiflora cincinnata* e *Passiflora edulis* f. *edulis* não enxertados e enxertadas sobre *Passiflora cincinnata*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado sob condições de casa de vegetação, no Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu-SP.

Foram utilizadas as espécies *Passiflora cincinnata* como porta enxerto e *Passiflora edulis* f. *edulis* (Roxo ou Roxinho do Kenia) como copa. As sementes do porta enxerto foram obtidas junto ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) – Embrapa, Petrolina – PE sendo estas provenientes de diversas plantas cultivadas no Campo Experimental da Caatinga. As sementes de *Passiflora edulis* f. *edulis* foram obtidas junto ao Departamento de Produção Vegetal (Horticultura) da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu-SP.

Para a obtenção das mudas, as sementes foram semeadas em sacolas plásticas (500 mL) e a enxertia foi realizada quando as plântulas da espécie copa atingiram o estágio de duas folhas expandidas (aproximadamente 30 dias após a semeadura - DAS). Para facilitar a enxertia, devido às diferenças no diâmetro dos caules, as sementes do porta enxerto foram semeadas sete dias antes da espécie copa.

Quinze dias após a enxertia (45 DAS da espécie copa) as plantas foram transplantadas para vasos de 10 litros preenchidos com solo previamente corrigido e adubado conforme análise laboratorial de solo, sendo transplantadas uma planta por vaso e cada vaso correspondendo a uma parcela.

O experimento foi constituído pelos seguintes tratamentos:

- T1: *Passiflora cincinnata* não enxertada
- T2: *Passiflora cincinnata* não enxertada com suspensão da irrigação
- T3: *Passiflora edulis* f. *edulis* não enxertada

- T4: *Passiflora edulis* f. *edulis* não enxertada com suspensão da irrigação
- T5: *Passiflora edulis* f. *edulis* enxertada em *Passiflora cincinnata*
- T6: *Passiflora edulis* f. *edulis* enxertada em *Passiflora cincinnata* com suspensão da irrigação

Após 60 dias (105 DAS), as plantas foram submetidas aos tratamentos hídricos sendo os tratamentos 1, 3 e 5 irrigados diariamente e os tratamentos 2, 4 e 6 submetidos a suspensão da irrigação até que as plantas atingissem taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> próxima de zero quando, então, estas foram reidratadas e voltaram a ser irrigadas diariamente até a recuperação.

### **Trocas gasosas**

A partir da suspensão da irrigação até o final do experimento, as medidas de trocas gasosas foram realizadas diariamente sempre no horário entre as nove e onze horas da manhã, na terceira folha completamente expandida de cada planta, utilizando medidor portátil de fotossíntese, com sistema aberto, IRGA LI-6400 da LI-COR. Foram avaliadas as taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci). A partir desses dados também foram calculadas a eficiência instantânea de uso da água (A/E), calculada pela razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e a taxa de transpiração (E); a eficiência intrínseca de uso da água (A/g<sub>s</sub>), calculada pela razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e a condutância estomática (gs) e a eficiência momentânea da atividade da enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase – EMRubisco – calculada pela razão entre a taxa fotossintética líquida (A) e a concentração interna de CO<sub>2</sub>.

No dia de maior estresse (13<sup>o</sup> dia), juntamente com as trocas gasosas, foram medidas as taxas de eficiência fotoquímica potencial (FV/FM), eficiência quântica efetiva do fotossistema II (PhPS2) e de transporte de elétrons (ETR). A medição da fluorescência foi realizada com auxílio de fluorômetro acoplado ao IRGA, sendo realizada após 30 minutos de

adaptação das folhas no escuro, obtida com auxílio de grampos de metal que foram fixados nas folhas, impedindo a incidência de luz. Estas medidas foram realizadas no horário entre as 9 e 11 horas da manhã, nas mesmas folhas utilizadas para as medidas de trocas gasosas.

Os dados de trocas gasosas foram representados na forma de gráficos com o desvio padrão das médias. Já os dados de fluorescência foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### **Análises Bioquímicas**

Para as análises bioquímicas foram realizadas quatro amostragens, sendo coletadas a terceira e a quarta folha expandida de cada planta, no horário entre as 11 e 12 horas da manhã, sempre após as medidas de trocas gasosas.

A primeira coleta foi realizada quando as plantas sob restrição hídrica apresentaram redução aproximada de 50% na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> quando comparadas aos respectivos tratamentos controles. A segunda coleta quando as plantas sob restrição hídrica apresentaram, aproximadamente, zero de assimilação de CO<sub>2</sub>. A terceira coleta foi realizada 24 horas após a reidratação das plantas e a quarta coleta, três dias após a reidratação, quando as plantas sob restrição hídrica apresentaram taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> aproximadamente igual às dos tratamentos controle.

As folhas foram colocadas em sacos plásticos identificados, enrolados em papel alumínio e armazenados em ultra-freezer a -80°C. Posteriormente, o material foi utilizado para a determinação da atividade das enzimas peroxidases (PODs), catalases (CAT) e superóxido dismutases (SOD).

### **Extração das enzimas POD, CAT e SOD**

A extração enzimática foi realizada de acordo com metodologia descrita por Kar e Mishra (1976), na qual o material vegetal foi macerado em almofariz com nitrogênio líquido e, posteriormente, adicionando-se 8 mL de solução tampão de extração (fosfato de potássio

0,1 mol L<sup>-1</sup>, pH 6,8). O homogeneizado foi centrifugado a 10.000 rpm (6.000 g) por 30 minutos a 4°C. O sobrenadante (extrato bruto) foi armazenado em ultra-freezer (-80°C) para posterior determinação enzimática.

#### **Determinação da atividade das peroxidases (PODs, EC 1.11.1.7)**

Para a determinação da atividade da POD foram adicionados 500 µL da solução de determinação (fosfato de potássio 100mmol L<sup>-1</sup>, pH 6,5), 30 µL de extrato enzimático, 250 µL de ácido pirogálico (20 mmol L<sup>-1</sup>), 220 µL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (20 mmol L<sup>-1</sup>). O homogeneizado foi incubado por 2 minutos a 25°C e a reação interrompida com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5% (v/v) e a leitura da absorbância realizada no comprimento de onda de 420nm. Os resultados foram expressos em µmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> decomposto g<sup>-1</sup> de M.F. min<sup>-1</sup> (Kar; Mishra, 1976).

#### **Determinação da atividade da catalase (CAT, EC 1.11.1.6)**

A atividade da CAT foi determinada por metodologia descrita por Havir e MacHale (1987) para a qual foram adicionados 650 µL da solução de determinação (fosfato de potássio 76,92 mmol L<sup>-1</sup>, pH 7,0), 50 µL da solução de extração (fosfato de potássio 100mmol L<sup>-1</sup> pH 6,5), 250 µL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 mmol L<sup>-1</sup>) e 50 µL de extrato enzimático. As leituras de absorbância (240 nm) foram anotadas a cada 20 segundos no intervalo de 120 segundos e o resultado expresso em U por mg de proteína.

#### **Determinação da atividade da superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1)**

Para a determinação da atividade da SOD seguiu-se o método de Beauchamp e Fridovich (1971) citados por Bor et al. (2003). O sistema de reação foi composto de 30 µL de extrato enzimático, tampão fosfato de sódio 50 mmol L<sup>-1</sup> pH 7,8, mistura “nitroblue tetrazolium” (NBT) 33 µmol.L<sup>-1</sup> + EDTA 0,66 mmol L<sup>-1</sup> (5:4) e mistura L-metionina 10 mmol L<sup>-1</sup> + riboflavina 3,3 mol L<sup>-1</sup> (1:1), totalizando um volume de 3,0 mL. Após iluminação dos tubos por dez minutos a 25°C, a redução do NBT a “blue formazan” foi medida por leituras de absorbância em espectrofotômetro UV-visível a 560 nm. A atividade da SOD foi

expressa em U mg<sup>-1</sup> de proteína. Neste caso, uma unidade (U) representa a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a razão de redução do NBT.

Os dados obtidos para a atividade enzimática foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão.

### **Microscopia Eletrônica dos estômatos**

Para visualização dos estômatos foi utilizada microscopia eletrônica de varredura. Para tal, segmentos do limbo foliar das plantas de *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *edulis* não enxertadas foram fixados, lavados e sonicados em F.A.A. 70%, três vezes de 10 minutos cada. Posteriormente, o material foi desidratado em séries cetônicas como meio substitutivo de ponto crítico de CO<sub>2</sub>. As amostras secas foram fraturadas e fixadas sobre suportes de alumínio, com auxílio de fita de carbono dupla face e cobertas com 20 nm de ouro. As análises foram frontais por meio de imagens realizadas por Microscópio Eletrônico de Varredura FEI modelo QUANTA 200, marca Philips, modelo XL30.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Pela Figura observa-se que a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> foi em média de 15 μmolCO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> para *P. cincinnata* e de 10 μmolCO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> para *P. edulis* f. *edulis*. Estes resultados estão de acordo com os observados por Vasconcellos et al. (2005) que relataram taxas em torno de 13,5 e 9,5 μmolCO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> para *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *flavicarpa*, respectivamente. Em geral, plantas que se desenvolvem em solos com baixa disponibilidade hídrica apresentam potenciais hídricos mais baixos, o que pode afetar vários processos metabólicos como a movimentação dos estômatos que, conseqüentemente, limita a perda d'água e a assimilação de CO<sub>2</sub> (Schivaleva et al., 2006).

Sob restrição hídrica, as plantas apresentaram redução na assimilação de CO<sub>2</sub> a partir do sexto dia após a suspensão da irrigação para *P. edulis* e do sétimo dia para as plantas do porta enxerto e as plantas de *P. edulis* enxertadas em *P. cincinnata*.

Aos nove dias após a suspensão da irrigação, todas as plantas sob restrição hídrica apresentaram redução na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de, aproximadamente, 50% quando comparadas às plantas irrigadas. Já, aos 13 dias apresentavam-se sob estresse severo com redução drástica na assimilação de CO<sub>2</sub> (aproximadamente 90%) quando então, as plantas foram reidratadas.

Observa-se que 24 horas após a reidratação as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> nas plantas sob restrição hídrica foram semelhantes às taxas de assimilação das plantas sem restrição hídrica e que, três dias após a reidratação já não havia diferença entre a assimilação de CO<sub>2</sub> das plantas com e sem restrição hídrica.

As curvas para taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> são semelhantes entre as plantas de *P. edulis* não enxertadas e enxertadas. Diferenças sutis são notadas na velocidade da redução da taxa de assimilação e na retomada, após a reidratação. Percebe-se que apesar de iniciar primeiro, a redução na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> nas plantas não enxertadas é mais lenta e, apenas aos 13 dias, atinge a menor taxa, recuperando rapidamente após a reidratação. Já nas plantas enxertadas, a redução é mais rápida, atinge um platô no décimo dia, assim, permanecendo até o décimo terceiro dia. Essa diferença no comportamento pode estar relacionada com a influência da enxertia na condutividade hidráulica da planta, conforme mencionado por Sekse (1998) e por Brandão Filho et al. (2003).

A redução na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> observada nas plantas com restrição hídrica deve-se a diversos fatores, dentre eles pode se citar a condutância estomática (gs) (Figura 1 - D, E, F). Nota-se que a condutância estomática que foi menor a partir do quarto dia após o início da restrição hídrica para *P. cincinnata* e do sétimo dia para *P. edulis*. Segundo Larcher (2006), apesar de os estômatos reagirem as várias influências ambientais, o movimento estomático obedece, principalmente, ao controle dos circuitos do CO<sub>2</sub> e da H<sub>2</sub>O. O circuito do

CO<sub>2</sub> corresponde à pressão parcial do CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares e quando esta diminui, devido ao seu consumo pelo processo fotossintético, os estômatos se abrem.

A menor condutância estomática observada nos tratamentos sob restrição hídrica estão mais relacionadas com a deficiência de água que com a pressão de CO<sub>2</sub>, uma vez que a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) aumentou com o passar do tempo, conforme apresentado na Figura 1 (G, H e I). Já a partir do sexto dia, a concentração interna de CO<sub>2</sub> passou a ser maior nos tratamentos não irrigados.

Segundo Raschke (1979) citado por Konrad (2005) caso não ocorra queda na atividade metabólica da fixação de CO<sub>2</sub> é esperada redução na concentração interna do mesmo (C<sub>i</sub>) quando a condutância estomática (g<sub>s</sub>) diminui. No entanto, observa-se que houve somente essa diminuição na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> nas plantas estressadas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Konrad et al. (2005) que verificaram aumento da C<sub>i</sub> em cultivares de cafeeiro em função da presença de Al<sup>+3</sup> na solução nutritiva apesar da menor condutância estomática. Também, Souza et al. (2001) observaram aumento da C<sub>i</sub> em plantas de videira submetidas ao estresse hídrico. Segundo os autores, esta resposta pode indicar que a assimilação de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo foi reduzida devido a fatores não-estomáticos.

Entretanto, esta afirmação pode não ser verdadeira, pois a concentração de CO<sub>2</sub> intercelular pode ter sido superestimada durante as medições, devido ao fechamento não uniforme dos estômatos (Downton et al., 1988; citados por Souza et al., 2001). Tais resultados também são justificados por Larcher (2000), que afirma que a dinâmica de abertura e fechamento dos estômatos é heterogênea e pode ser aumentada em condições de deficiência hídrica. Segundo Peak et al. (2004) tal heterogeneidade pode induzir a erros nas medidas de trocas gasosas.

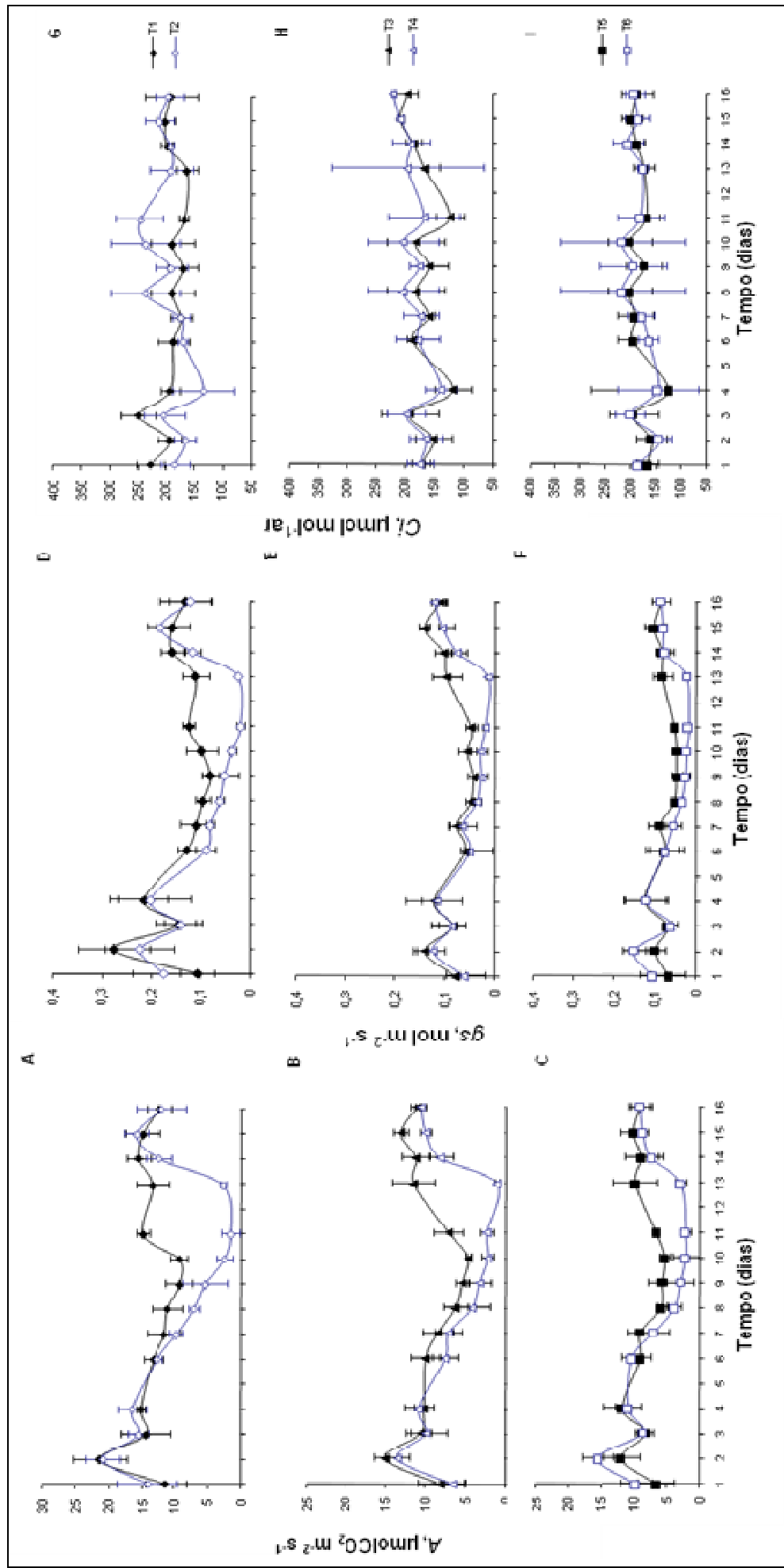


Segundo Pandey et al. (2003), o aumento da fotorrespiração em condições de temperaturas elevadas pode ocasionar aumento da  $C_i$  e redução da fotossíntese líquida. Outro motivo para a alta concentração interna de  $CO_2$  observada pode ser a fotoinibição. Dessa forma, a planta estaria respirando, o que mantém alta a concentração interna de  $CO_2$ . Também, Larcher (2000) explica que, sob condições de estresse, a atividade respiratória é aumentada. O mesmo autor menciona que a atividade respiratória é diferente nas diferentes espécies, o que justifica as diferenças nas taxas de assimilação de  $CO_2$  e na concentração interna de  $CO_2$  nas espécies estudadas.

As variações das taxas de transpiração das Passifloráceas em função do regime hídrico podem ser observadas na Figura 2 (A, B e C). Como era esperado, a taxa de transpiração apresentou comportamento semelhante à condutância estomática, com redução a partir do quarto e sétimo dias para *P. cincinnata* e *P. edulis*, respectivamente. Assim, é possível presumir que a diminuição na transpiração, bem como na assimilação de  $CO_2$ , ocorreu, principalmente, em resposta ao fechamento estomático.

Percebe-se que, com a redução na condutância estomática, a transpiração foi mais afetada que a assimilação propriamente dita e Nobel (1999) explica que isso se deve às resistências envolvidas, sendo maior para o vapor d'água, quando comparada à resistência oferecida ao  $CO_2$ .

Quando comparadas as espécies de passifloras nota-se que houve maior controle estomático e, conseqüentemente, menor transpiração nas plantas de *P. cincinnata* e na comparação entre plantas enxertadas e não enxertadas, observa-se que o comportamento foi semelhante para ambas, com maior redução da transpiração nas plantas enxertadas. A menor transpiração em *Passiflora cincinnata* pode estar relacionada com características morfológicas, como a existência de estômatos em depressões, como será discutido posteriormente.



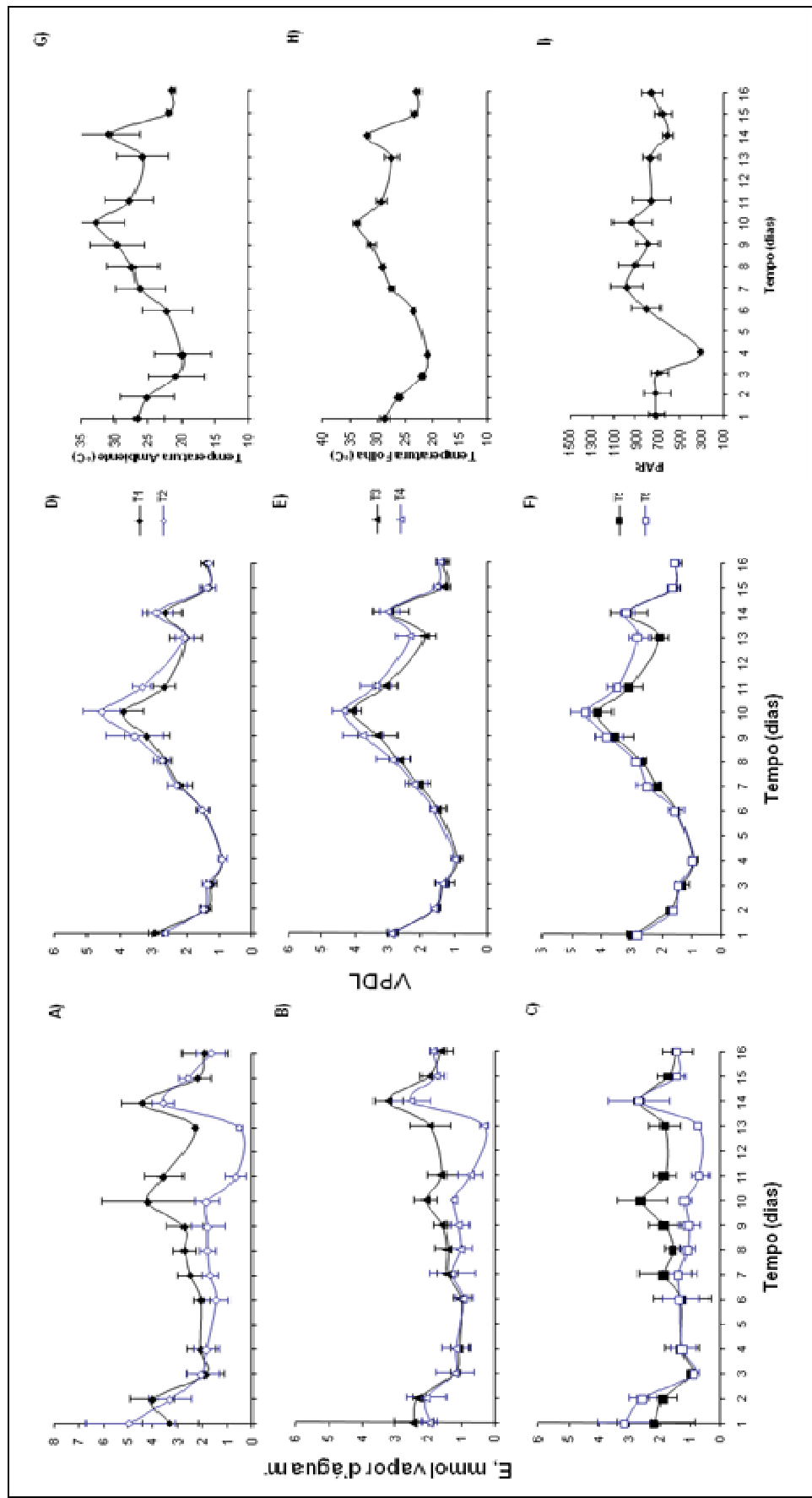
**Figura 1:** A,B,C: Taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); D,E,F: Taxa de condutância estomática ( $\text{gs mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e G,H,I: Concentração interna de  $\text{CO}_2$  na folha ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{ ar}$ ) em plantas submetidas a duas condições de irrigação (irrigadas diariamente: T1, T3, T5; com suspensão da irrigação: T2, T4 e T6). (A, D e G) *P. cincinnata*; (B, E e H) *P. edulis* f. *edulis* não enxertadas; (C, F e I) *P. edulis* f. *edulis* enxertadas sobre *P. cincinnata*.

Segundo Larcher (2000), as causas da redução temporária na abertura estomática pode ser a redução da intensidade luminosa, baixa umidade do ar, déficit hídrico, temperaturas extremas ou gases tóxicos. A partir desse ponto de vista é possível compreender as oscilações na condutância estomática e na transpiração, bem como, na assimilação de CO<sub>2</sub> ocorridas no decorrer do experimento, mesmo nas plantas irrigadas diariamente. Pois, é possível notar que a pressão de vapor (Figura 2 – D, E, F), a temperatura média do ambiente (Figura 2 – G) e da folha (Figura 2 – H) e a radiação fotossinteticamente ativa (Figura 2 – I) variaram ao longo do tempo, influenciando diretamente as variáveis analisadas.

Do terceiro ao sexto dia, período de céu nublado, com baixas temperaturas e alta umidade foram observadas baixas taxas transpiratórias e altas taxas de condutância estomática em resposta ao baixo déficit de pressão de vapor, independentemente da espécie e do regime hídrico. No mesmo período, houve maiores taxas de assimilação de CO<sub>2</sub>, mesmo com baixa radiação fotossinteticamente ativa.

É preciso salientar que a alta taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> foi obtida mediante uso de luz artificial na câmara do aparelho. Porém, a resposta rápida à luz artificial também pode ser interpretada como plasticidade e eficiência da espécie e, nas condições iniciais, as plantas ainda não se encontravam sob estresse hídrico e, portanto, ainda apresentavam condições favoráveis para a assimilação de carbono inorgânico.

O período posterior, do sexto ao décimo dia, foi caracterizado por altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar (maior déficit de pressão de vapor) conforme dados apresentados na Figura 2 (D, E, F, G e H). Observa-se que as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática (Figura 1) e transpiração (Figura 2) foram menores nas plantas sob restrição hídrica e estes resultados, estão de acordo com o mencionado por Thomas et al. (2000). Segundo os autores, o aumento do déficit de pressão de vapor em plantas sob estresse hídrico, reduz o fluxo de vapor d'água do interior da câmara sub-estomática para a atmosfera, causando redução da transpiração.



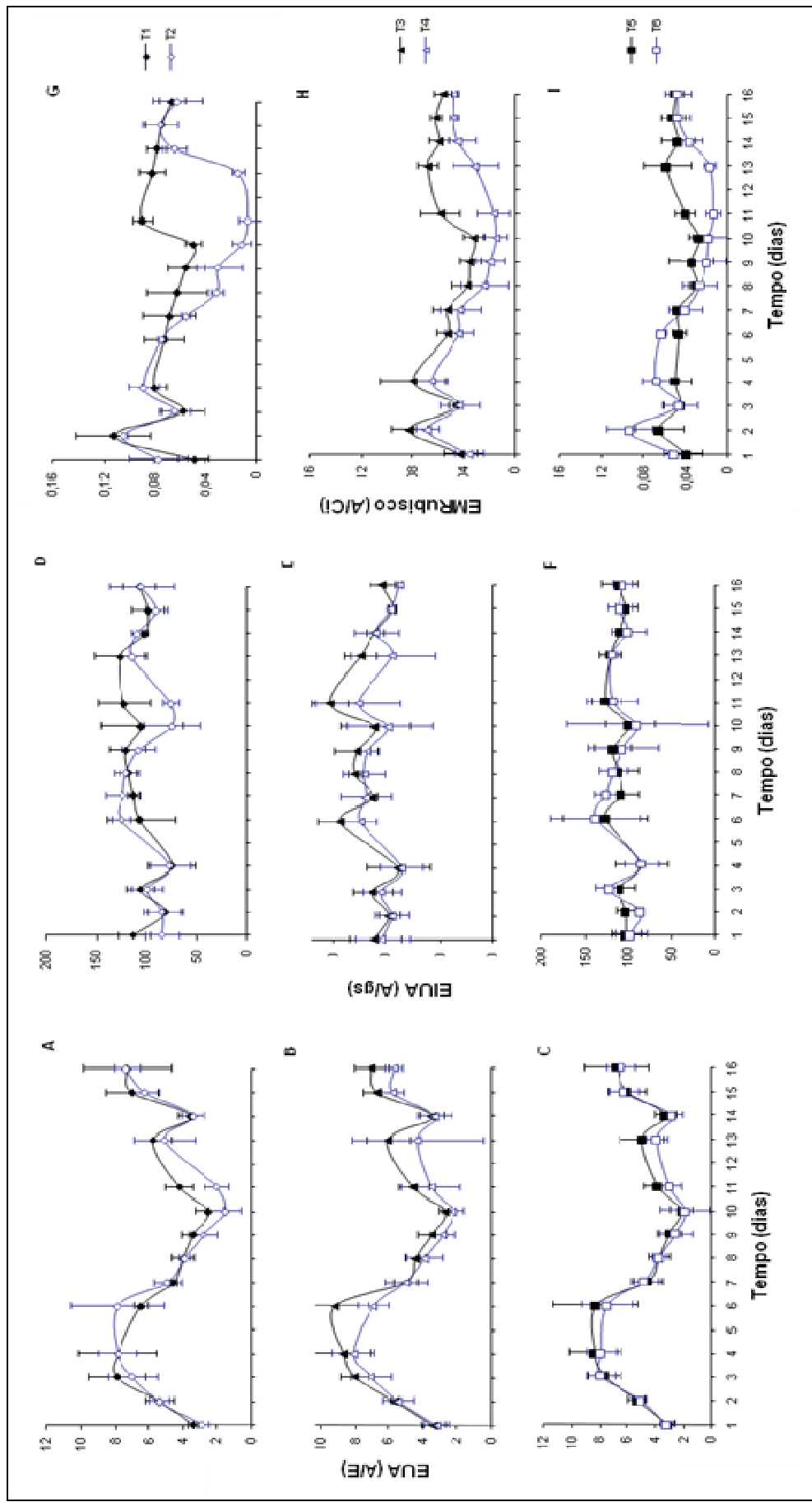
**Figura 2:** A, B, C: Taxa de transpiração (E, mmol vapor d'água m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e D, E, F: Déficit de pressão de vapor (VPDL) em plantas submetidas a duas condições de irrigação (irrigadas diariamente: T1, T3, T5; com suspensão da irrigação: T2, T4 e T6); G: Temperatura Média do ambiente (°C); H: Temperatura Média da folha (°C) e, I: Radiação Fotosinteticamente Ativa (fotons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) obtidas durante as medidas de trocas gasosas. (A, D) *P. edulis* f. *cincinnata*; (B, E) *P. edulis* f. *edulis* não enxertadas; (C, F) *P. edulis* f. *edulis* enxertadas sobre *P. cincinnata*.

Para a eficiência do uso da água e a eficiência intrínseca do uso da água ( $A/E$  e  $A/g_s$ , respectivamente) não foram observadas, de modo geral, variações no decorrer do tempo com a redução da disponibilidade hídrica no solo. Assim, sugere-se que essas variáveis estão mais relacionadas com outros fatores ambientais como o déficit de pressão de vapor (VPDL), a temperatura e a luminosidade, uma vez que, as plantas irrigadas diariamente tiveram o mesmo padrão de variação que as plantas sob restrição hídrica (Figura 3 – A, B, C, D, E, F).

Na comparação entre plantas enxertadas e não enxertadas observou-se menor amplitude na variação ao longo do tempo para as plantas enxertadas sendo o comportamento entre plantas irrigadas e sob restrição hídrica muito semelhantes para ambas as variáveis. Essa eficiência semelhante entre os dois tratamentos nas plantas enxertadas pode estar relacionada com a limitação hidráulica no transporte da água imposta pela enxertia (Sekse, 1998; Brandão Filho et al., 2003). Assim, a copa das plantas, mesmo quando irrigadas, apresentariam maior controle da perda d'água devido ao déficit hídrico temporário imposto pela enxertia.

Os efeitos da restrição hídrica foram mais visíveis para a eficiência momentânea da atividade da enzima Ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase - Rubisco - ( $A/C_i$ ) (Figura 3 – G, H e I). Tais resultados indicam que, além da limitação estomática, a menor assimilação de  $CO_2$  nas plantas sob estresse hídrico pode ter ocorrido em função da redução na atividade da enzima Rubisco. Esta redução pode ter ocorrido em virtude da sua menor concentração ou da perda de atividade em condições de estresse hídrico, conforme mencionado por Chaves (1991). Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2001) em mudas de videira submetidas ao déficit hídrico utilizando a mesma metodologia do presente trabalho.

Para as taxas de eficiência fotoquímica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), de eficiência fotoquímica efetiva do fotossistema II ( $\Phi_{PS2}$ ) e de transporte de elétrons (ETR) as avaliações foram realizadas aos treze dias após a suspensão total da irrigação e corresponde ao período de maior estresse (Tabela 1). Nesse período, a eficiência fotoquímica potencial do FSII ( $F_v/F_m$ ) apresentou diferença significativa apenas entre plantas (porta enxerto, plantas não enxertadas e enxertadas) sendo ligeiramente menor nas plantas de *P. edulis* não enxertadas. Para Vasconcellos et al. (2005) os valores de  $F_v/F_m$  revelam as condições do aparato fotossintético das folhas e razões entre 0,75 e 0,85 demonstram eficiente conversão da energia luminosa no PSII.



**Figura 3:** A, B, C: Eficiência do uso da água ( $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ); D, E, F: Eficiência intrínseca do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ); G, H, I: Eficiência momentânea da atividade da enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase - Rubisco - em plantas submetidas a duas condições de irrigação (irrigadas diariamente: T1, T3, T5; com suspensão da irrigação: T2, T4 e T6). (A, D, G) *P. cinnamata*; (B, E, H) *P. edulis f. edulis* não enxertadas; (C, F, I) *P. edulis f. edulis* enxertadas sobre *P. cinnamata*.

Na comparação entre as condições de irrigação (plantas irrigadas e com suspensão total da irrigação) não houve diferença significativa para esta variável. Os valores de  $F_v/F_m$  foram similares para todos os tratamentos estudados, demonstrando eficiente conversão da energia luminosa no nível de PSII para todos os tratamentos, conforme mencionado por Vasconcellos et al. (2005) e por Taiz e Zeiger (2009) e indicam ausência de danos ao fotossistema causados pelo estresse hídrico (fotoinibição). Estes resultados corroboram com a hipótese de que a redução da assimilação de  $CO_2$  esteja relacionada com limitações estomáticas e, ou bioquímicas.

Foi observada redução significativa nas taxas de eficiência fotoquímica efetiva do FSII (PhPS2) e de transporte de elétrons (ETR) em plantas não irrigadas, mostrando que o estresse hídrico afetou o transporte de elétrons e, conseqüentemente, a fotossíntese nessas plantas. Observa-se também, que não houve diferença entre as plantas enxertadas e não enxertadas do maracujazeiro comercial, independente da condição de irrigação. Já, quando analisada as plantas irrigadas, observa-se maior eficiência fotoquímica e maior taxa de transporte de elétrons nas plantas do porta enxerto. Dessa forma, pode-se inferir que a maior eficiência deve-se à características da espécie que não são transferidas ao enxerto.

**Tabela 1.** Taxas da eficiência fotoquímica potencial do fotossistema II (FV/FM), da eficiência quântica efetiva (PhPS2) e do transporte de elétrons (ETR) obtidas a partir de plantas de *Passiflora cincinnata*, *P. edulis* f. *edulis* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata* submetidas a duas condições de irrigação (sem estresse - SE e com estresse - CE), após 13 dias da suspensão da irrigação.

Tratamento	Fv/Fm		PhiPS2		ETR	
	SE	CE	SE	CE	SE	CE
Porta enxerto	0,82 A a	0,80 A a	0,16 A a	0,06 B a	120 A a	50 B a
Não enxertadas	0,78 A b	0,79 A a	0,11 A b	0,04 B a	85 A b	33 B a
Enxertadas	0,80 A a	0,79 A a	0,09 A b	0,05 B a	68 A b	41 B a
<b>Valor de F</b>						
Estresse	0,125 ns		115**		115**	
Planta	10,9*		16*		16**	
Estresse x Planta	3,55ns		7**		7*	
<b>C.V. (%)</b>	1,42		17		17	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As coletas para as análises bioquímicas foram realizadas com base nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e quando o experimento foi implantado não havia diferença entre os tratamentos e, dessa forma, não foram realizadas análises bioquímicas. Já aos nove dias após a suspensão da irrigação, as plantas apresentaram redução significativa na assimilação de CO<sub>2</sub> diferindo significativamente das plantas controles (Tabela 2).

Aos 13 dias após o início da restrição hídrica, quando as plantas irrigadas apresentavam taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> de 10  $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ou mais, as plantas sob restrição hídrica apresentavam taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> próximas de 2  $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Então, após as medições das trocas gasosas as plantas foram reidratadas. Com 24 horas de reidratação as plantas de *P. cincinnata* e *P. edulis* não enxertadas sob restrição hídrica ainda apresentavam taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> menores que as plantas controle. Já as plantas de *P. edulis* enxertadas, apesar de menor taxa em valores absolutos, não diferiram das plantas controle.

Aos 16 dias, já não havia diferença significativa nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> para os tratamentos controles e os que passaram pelo período de estresse hídrico.

Dessa forma, foi considerado que as coletas para análises bioquímicas foram realizadas em período de estresse moderado (9 dias), estresse severo (13 dias), em recuperação (14 dias) e recuperadas do estresse (16 dias).

**Tabela 2:** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A,  $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em diferentes dias obtidas a partir de plantas de *P. cincinnata*, *Passiflora edulis* f. *edulis* não enxertadas e enxertadas sobre *P. cincinnata* submetidas a duas condições de irrigação (sem estresse - SE e com estresse - CE).

Tratamento	Início	9 dias		13 dias		14 dias		16 dias
	SE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE
<i>P. cincinnata</i>	14,1 a	11 A a	7 B a	13 A a	2,6 B a	15 A a	12 B a	12,2 a
<i>P. edulis</i> não enxertadas	8,2 b	6,7 A b	3,4 B b	11 A a	1,08 B a	11 A b	8 B b	10,7 ab
<i>P. edulis</i> enxertadas	9,6 b	6,2 A b	3,9 B b	9,8 A a	2,6 B a	9 A b	7 A b	9,1 b
<b>Valor de F</b>								
<b>Estresse</b>	4,2ns	58**		128**		10,6**		0,11 ns
<b>Enxertia</b>	8,2**	40**		1,96ns		19**		4,9*
<b>Estresse x enxertia</b>	2,8ns	2,07ns		1,8 ns		0,5ns		0,03ns
<b>C.V. (%)</b>	28	17		29		18		18

Medias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.



Os resultados da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) estão representados na Figura 4 (A, B e C) onde é possível observar que, de modo geral, houve tendência de redução da atividade enzimática com o passar do tempo.

Sob estresse moderado e severo a enzima apresentou maior atividade nas plantas de *P. cincinnata* e *P. edulis* não enxertadas. Resultado diferenciado foi obtido nas plantas enxertadas que, mesmo no tratamento controle (plantas irrigadas) obteve-se alta atividade da enzima SOD.

A alta atividade dessa enzima nas plantas sob estresse hídrico indica que ela atua no sistema de defesa das plantas de maracujazeiro sob estresse. Segundo Chi Yu et al. (2005) elas catalisam a dismutação do radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) em peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio molecular ( $O_2$ ).

A alta atividade dessa enzima nas plantas enxertadas, mesmo quando irrigadas diariamente, indica que estas se encontram sob estresse constante, o que pode estar relacionada com a limitação no transporte de água imposta pela enxertia citada por Sekse (1998) e Brandão Filho et al. (2003). Também, pode ser indicador de incompatibilidade fisiológica e, neste caso, a enxertia de maracujazeiros sobre essa espécie deve ser alvo de novos estudos que levem em consideração o ciclo completo da cultura.

Por outro lado, a alta atividade da enzima SOD nas plantas enxertadas demonstra alta capacidade de proteção das plantas, uma vez que essas enzimas são consideradas importantes no mecanismo de tolerância ao estresse convertendo radicais  $O_2^{\cdot-}$  a  $H_2O_2$  e  $O_2$  como já mencionado.

Após reidratação, quando as plantas estavam em recuperação, a atividade da enzima SOD foi menor, quando comparado ao período de estresse e, nesse dia, os tratamentos que passaram por estresse severo apresentaram maior atividade enzimática, independentemente da espécie ou condição de enxertia, quando comparadas às plantas irrigadas.

No décimo sexto dia, quando as plantas já estavam “recuperadas” do estresse foram obtidos resultados diferentes para cada tipo de planta. No porta enxerto (*P. cincinnata*) não houve diferença na atividade entre plantas sem e com estresse hídrico. No maracujazeiro comercial não enxertado (*P. edulis*), a atividade foi maior nas plantas que passaram por estresse, com comportamento semelhante às demais coletas, mantendo a mesma distância entre as curvas. Essa maior atividade demonstra que as plantas ainda não estavam recuperadas.

Nas plantas enxertadas sobre *P. cincinnata*, assim como aconteceu sob estresse moderado, o comportamento foi diferente dos demais, com maior atividade nas plantas controle.

Na atividade das peroxidases (Figura 4 – D, E, F) observou-se comportamento inverso ao obtido na atividade da SOD, ou seja, houve tendência de aumento da atividade ao longo do tempo. Esses resultados são coerentes, uma vez que esta enzima atua no substrato gerado pela SOD. Segundo Bor et al. (2003), essas enzimas, juntamente com as catalases decompõem o  $H_2O_2$  que foi produzido pela SOD. Sob condições de estresse as peroxidases (POD) tendem a aumentar a atividade e, muitas vezes, é a primeira enzima a ter a atividade alterada, independentemente do substrato e do estresse aplicado (Siegel, 1993).

Ao contrário do observado para a SOD, na atividade da POD o comportamento entre plantas enxertadas e não enxertadas foi semelhante.

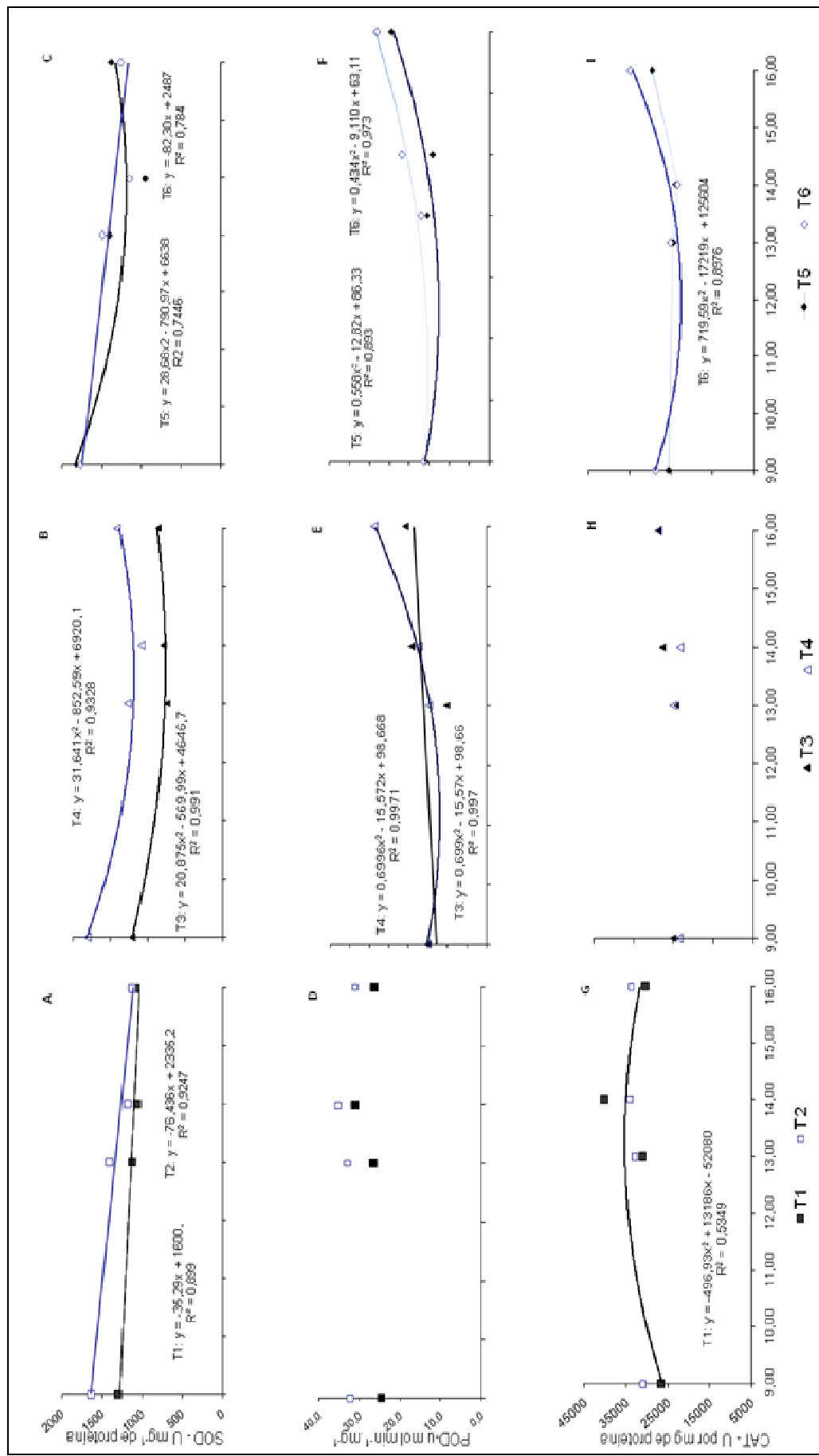
Na atividade da enzima catalase (Figura 4 – G, H e I) não houve diferença no comportamento da atividade enzimática para os tratamentos hídricos e espécies estudadas. A exceção ocorreu nas plantas enxertadas que mostraram tendência de maior atividade ao longo do tempo, com maior atividade nas plantas submetidas ao estresse hídrico. Essa maior atividade da catalase (CAT) observada na fase final do experimento em plantas enxertadas pode ser em resposta à maior atividade da SOD observada nas mesmas no período de estresse onde, a maior atividade da SOD sobrecarregaria as PODs e, dessa forma, as CAT funcionariam como uma via de suporte.

A atuação da SOD e da CAT, juntamente com os carotenóides, são extremamente importantes como defesas orgânicas contra os radicais livres reativos, derivados do oxigênio que, se acumulados, destroem as membranas e as próprias moléculas de clorofilas (Majerowicz, 2008).

A menor atividade das catalases nas plantas sob estresse, quando comparada às demais enzimas pode estar relacionada com a fotoinibição da mesma, que segundo Feierabend et al. (1992) pode ocorrer em situações de estresse por baixas ou elevadas temperaturas. Nesse caso, como o material foi coletado no horário entre 11 e 12 horas da manhã, as altas temperaturas podem ter induzido à fotoinibição das mesmas. Também diferentes condições de estresse que suprimem a síntese protéica podem promover a inativação da CAT (Schäfer; Feierabend, 2000), pois nessas condições ocorre aumento da geração peroxissomal de  $H_2O_2$  e  $O_2^{\cdot-}$  que influenciaria na atividade ou expressão gênica desta enzima (Del Río et al., 1996).

Os resultados obtidos no presente trabalho, principalmente nas trocas gasosas, podem ser mais bem entendidos quando observadas as características morfológicas da folha. As

folhas dos vegetais possuem uma ou mais camadas de células externas que constituem a epiderme, que é revestida por uma camada de cutícula que reduz a perda espontânea de água e protege a folha contra danos mecânicos. A epiderme possui grande diversidade anatômica e morfológica entre as espécies vegetais e possui diferentes tipos de células como tricomas, células epidérmicas do tipo comum, células guarda e células subsidiárias (Marenco; Lopes, 2009).



**Figura 4:** A, B, C: Atividade das enzimas Superóxido Dismutases ( $U \cdot mg^{-1}$  de proteína); D, E, F: Peroxidases ( $\mu mol$  de purpurogalina. $min^{-1}$  de proteína) e G, H, I: Catalases ( $nmol$  de  $H_2O_2$  consumido. $min^{-1} \cdot mg^{-1}$  proteína) em plantas submetidas a duas condições de irrigação (irrigadas diariamente: T1, T3, T5; com suspensão da irrigação: T2, T4 e T6). (A, D, G) *P. cincinnata*; (B, E, H) *Passiflora edulis* f. *edulis* não enxertadas; (C, F, I) *Passiflora edulis* f. *edulis* enxertadas sobre *P. cincinnata*.

Os estômatos são aberturas na epiderme foliar circundadas por um par de células-guarda por meio do controle da abertura regulam as trocas gasosas das folhas (Taiz e Zeiger, 2009). Estão presentes, principalmente, nas folhas e podem estar situados em ambas as faces (folhas anfistomáticas), somente na face inferior (hipostomáticas) ou somente na face superior (epistomáticas) (Silva et al., 2005; Marengo; Lopes, 2009; Taiz e Zeiger, 2009).

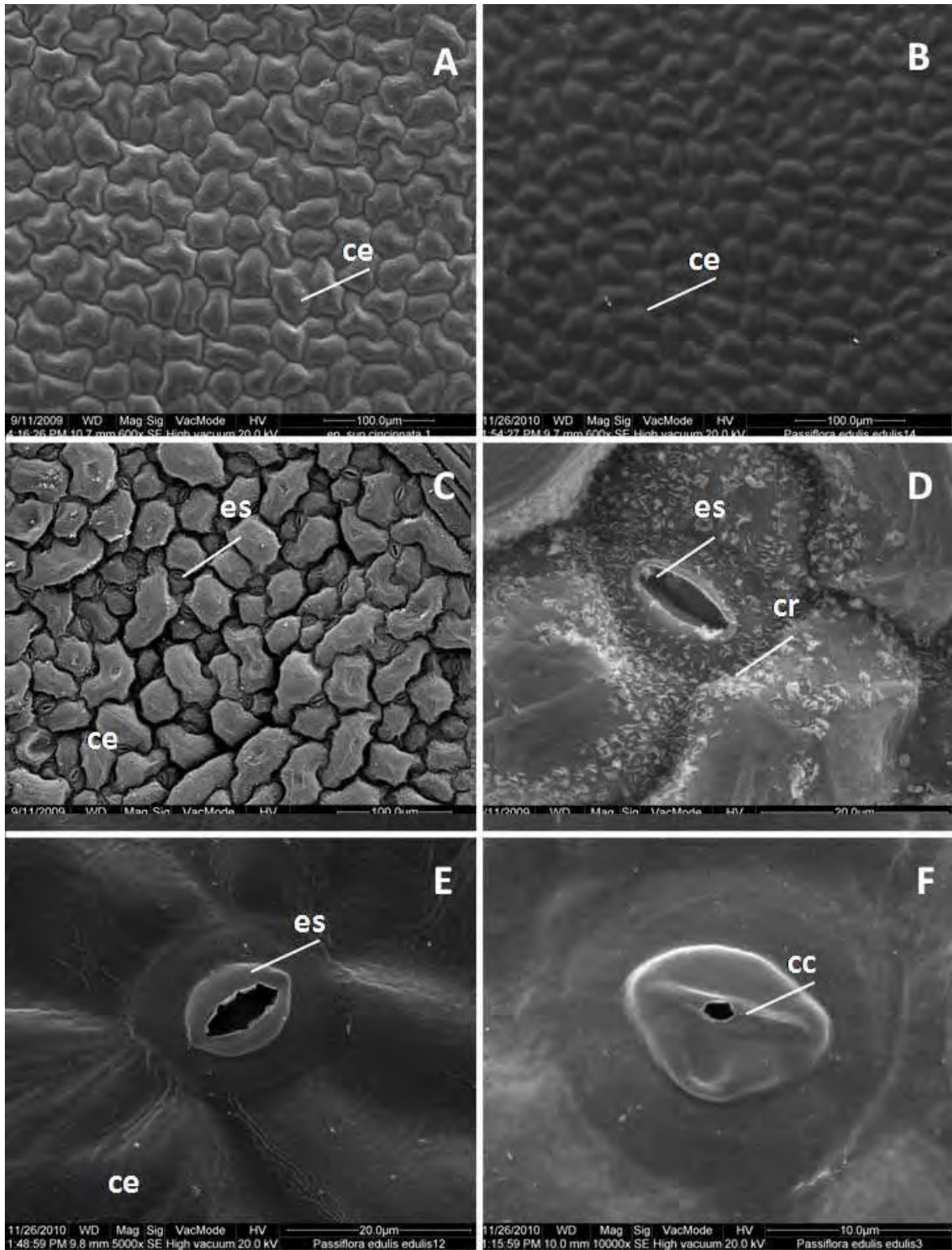
Pela Figura 5 (A e B) observa-se que nas duas espécies estudadas, os estômatos estão situados na face abaxial das folhas e que há diferença na localização dos estômatos, estando estes localizados abaixo das células epidérmicas na espécie *P. cincinnata* (Figura 5-C) e acima delas em *P. edulis* f. *edulis* (Figura 5-E). Silva et al. (2005) explicam que estômatos abaixo do nível das células epidérmicas ou ainda restritos às cavidades das superfícies das folhas são características relacionadas a resistência ao estresse hídrico.

Também, verificou-se grande quantidade de ceras epicuticulares em *P. cincinnata* (Figura 5-D), o que não ocorre na espécie comercial (Figura 5-F). Segundo Silva et al. (2005) variações genéticas na forma da cera têm sido associadas com a resistência à seca, de plantas como tomate, trigo, cevada e a cutícula lisa, desprovida de cera, tem pouca resistência às pulverizações.

As características observadas em *P. cincinnata* indicam adaptação a ambientes xéricos e, dessa forma, a resistência à seca mencionada por Ruggiero e Oliveira (1998) e por Araujo (2004) que pode estar mais relacionada com características morfológicas do que fisiológicas propriamente ditas.

A espécie *P. edulis* f. *edulis* pode apresentar deposição de cutícula sobre o poro estomático formando cristas cuticulares, que contribui para a formação de um átrio externo aos estômatos (Figura 5-E e F). Além de diminuir o poro estomático, essas cristas formam uma câmara supra estomática e aumentam a resistência à perda d'água. Essa característica é bastante conhecida em orquídeas, onde o átrio externo ou câmara supra estomática mantém um compartimento de ar úmido na superfície foliar, que reduz a transpiração, configurando-se como uma característica adaptativa para a sobrevivência em locais com alta temperatura e baixa disponibilidade hídrica (Rasmussen, 1987 citado por Dettke, 2008).

Dessa forma, é possível inferir que apesar de diferentes, as duas espécies apresentam adaptações para minimizar a perda d'água, o que pode ter contribuído para o eficiente uso da água observado anteriormente.



**Figura 5:** Vista das epidermes adaxiais e abaxiais de folhas de passifloras em microscopia eletrônica de varredura. Face adaxial de *P. cincinnata* (A), face adaxial de *P. edulis* f. *edulis* (B), face abaxial de *P. cincinnata* (C) e imagens, em detalhe, de um estômato de *P. cincinnata* mostrando sua localização abaixo das células epidérmicas e presença de cera (D), estômato de *P. edulis* f. *edulis* mostrando sua localização acima das células epidérmicas e ausência de cera (E) e presença de cristas cuticulares (F). **Legenda:** ce – célula epidérmica, es – estômato, cr – cera, cc – cristas cuticulares.

## CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos e nas condições destes experimentos pode-se concluir que:

- As espécies *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *edulis* tem comportamento fisiológico e bioquímico diferenciados quando submetidas à condições de estresse hídrico.
- Plantas enxertadas apresentaram maior atividade enzimática independentemente da condição hídrica.
- As duas espécies estudadas apresentam adaptações morfológicas para minimizar a perda d'água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.373-399, 2004.

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

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v.44, p.276-287, 1971.

BILGER, W.; SCHREIBER, U.; BOCK, M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. **Oecologia**, v.102, p.425-432, 1995.

BOR, M.; ÖZDEMİR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, v.164, p.77-84, 2003.

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J.D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.474-477, 2003.

BRAY, E.A. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**, v.103, p.1035-1040, 1993.

CARBONNEAU, A. The early selection of grapevine rootstock for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.36, n.3, p.195-198, 1985.

CASTRO NETO, M.T. Efeito do déficit hídrico na transpiração e resistência estomática da mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.93-95, 2003.

CHAVEZ, M.M. effects of water déficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.

CHI YU, C., HUNG, K.T., KAO, C.H. Nitric oxide reduces Cu toxicity and Cu-induced NH<sub>4</sub><sup>+</sup> accumulation in rice leaves. **J. Plant Physiol.**, v.162, p.1319-30, 2005.

DEL RÍO, L.A., PALMA, J.M., SANDALIO, L.M., CORPAS, F.J., PASTORI, G.M., BUENO, P., LÓPEZ-HUERTAS, E. Peroxisomes as a source of superoxide and hydrogen peroxide in stressed plants. **Biochem. Soc. Trans.**, v.24, p.434-8, 1996.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; GAMA, E.E.G.; OLIVEIRA, A.C. Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência fotossintética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.355-361, 2005.



DETTKE, G.A.; SANCHES-MARQUES, A.M.M.; FERNANDES, M.; MILANEZE-GUTIERRE, M.A.; Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Miltonia regnellii* (Lindl.) chb. f. (Oncidiineae, Orchidaceae) **Acta Sci. Biol. Sci.** v. 30, n. 1, p. 9-16, 2008

FEIERABEND, J.; SCHAAN, C.; HERTWIG, B. Photoinactivation of catalase occurs under both high- and low-temperature stress conditions and accompanies photoinhibition of photosystem II. **Plant Physiology**, v.100, p.1554-1561, 1992.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.900, p.87-92, 1989.

HAVIR, E.A.; MCHALE, N.A.; Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiol*, 1987, v.84, p.450-455.

HERNANDEZ, J.A.; FERRER, M.A.; JIMENEZ, A.; BARCELÓ, A.R.; SEVILLA, F. Antioxidant systems and O<sub>2</sub><sup>-</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production in the apoplast of pea leaves. Its Relation with Salt-Induced Necrotic Lesions in Minor Veins. **Plant Physiology**, v.127, p.827-831, 2001.

KAR, M.E.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v.57, p.315-319, 1976.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

LARSCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 529p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 2.ed. Viçosa: UFV, 2009. 451p.

MATSUBARA, S. Studies on salt tolerance of vegetable. 3. Salt tolerance of rootstocks. **Scientific Report of the Faculty of Agriculture, Okayama University**, v.73, p.17-25, 1989.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal** – 2<sup>a</sup>. ed. Guanabara Koogan, 2008, p. 82-133

NOBEL, P.S. Physicochemical and environmental plant physiology. San Diego: academic Press, 1999. 474 p.

PANDEY, S.; KUMAR, S.; NAGAR, P.K. Photosynthetic performance of *Ginkgo biloba* L. grow under high and low irradiances. **Photosynthetica**, v41, p.505-511, 2003.

PEAK, D.; WEST, J.D.; MESSINGER, S.; MOTT, K.A. Evidence for complex, collective dynamics and emergent, distributed computation in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v.101, p.918-922, 2004.

REDDY, A.R.; CHAITANYA, K.V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.1189-1202, 2004.

RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J.C. Enxertia do maracujazeiro. In: RUGGIERO, C. (Ed.). **Maracujá: do plantio à colheita**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 1998. p.70-92.

SEKSE, L. Fruit cracking mechanisms in sweet cherries (*Prunus avium* L.): a review. **Acta Horticulturae**, v.468, p.637-648, 1998.

SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.215-225, 2008.

SHVALEVA, A.L.; COSTA, F.; SILVA, E.; BREIA, E.; JOUVE, J.; HAUSMAN J.F.; ALMEIDA, M.H.; MAROCO, J.P.; RODRIGUES, M.L.; PRERIA, J.S.; CHEVES, M.M. Metabólic responses to water deficit in two clones with contrasting drought sensitivity. **Tree Physiology**, v.26, p.329-248, 2006.

SILVA, L.M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasileira**: 19(1): 183-194. 2005

SIEGEL, B.Z. Plant peroxidases: an organism perspective. **Plant Growth Regulation**, v.12, p. 303-312, 1993.

SOUZA, R.C.; SOARES, M.A.; REGINA, A.M. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1221-1230, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

THOMAS, D.S.; EAMUS, D.; SHANAHAN, S. Influence of season, drought and xylem ABA on stomatal responses to leaf-to-air vapour pressure difference of trees of the Australian wet-dry tropics. **Australian Journal of Botany**, v.48, p.143-151, 2000.

VASCONCELOS, M.A.S.; 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.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.295-313.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento inicial de plantas de maracujazeiros, de maneira geral, observou-se tendência de menor crescimento nas plantas enxertadas. Tal característica pode ser interessante na fruticultura, pois pode facilitar o manejo, dispensar a utilização de podas e reduzir o espaçamento entre plantas. Esse efeito ananicante pode ser atribuído à diminuição do diâmetro dos vasos xilemáticos (Baas et al., 1984), surgimento de uma zona de descontinuidade no ponto de enxertia que aumenta a resistência ao transporte de água (Sekse, 1998; Brandão Filho et al., 2003); menor capacidade de transporte de nutrientes (Ebel et al., 2000) e síntese hormonal diferenciada para auxinas, citocininas e ABA (Sorce et al., 2002; Taiz; Zeiger, 2009) que acontece no sistema radicial.

A influência no crescimento inicial não foi acentuada e variou de acordo com a espécie estudada e com a variável analisada. Tal variação se deve a fatores genéticos que podem levar a maior ou menor compatibilidade entre plantas. Segundo Pina e Errea (2005) para evitar a incompatibilidade o porta enxerto deve pertencer a mesma espécie ou gênero.

A incompatibilidade entre enxerto e porta enxerto pode ocorrer em diferentes níveis e estar relacionada com fatores histológicos, bioquímicos, fisiológicos ou genéticos. Em nível anatômico não foi observada incompatibilidade entre o porta enxerto e as espécies comerciais estudadas, sendo possível observar divisão e diferenciação celular já no oitavo dia após a enxertia e aos 30 dias após a enxertia foi constatada a união completa dos tecidos que já se apresentavam diferenciados.

Fatores genéticos também podem estar relacionados à diferença nos teores foliares de minerais, pois segundo Gabelman e Gerloff (1983) há controle genético nos processos de absorção, transporte e redistribuição de nutrientes nas plantas. No presente trabalho verificou-se variação dos teores de minerais de acordo com a espécie e com o mineral estudado, não sendo possível estabelecer uma relação de benefício da enxertia na absorção dos minerais. Tal fato demonstra interferência da copa no processo de absorção, haja vista que o porta enxerto era o mesmo para as três espécies comerciais.

Apesar das expectativas de maior tolerância à seca nas plantas enxertadas, nas trocas gasosas e na fluorescência as maiores diferenças foram observadas entre a espécie *P. cincinnata* (porta enxerto) e a espécie *P. edulis* e, para esta última, houve poucas diferenças entre as plantas não enxertadas e enxertadas. No entanto, as medidas de trocas gasosas foram realizadas no período da manhã e, é possível que, medidas realizadas durante todo o dia facilite a visualização da interferência da enxertia nas trocas gasosas, pois, a provável limitação no transporte de água (Sekse, 1998; Brandão Filho et al., 2003), bem como as

diferenças na síntese hormonal como o ABA (Sorice et al., 2002; Taiz; Zeiger, 2009) se tornem mais evidentes nas horas mais quentes do dia, principalmente, nos tratamentos sob déficit hídrico.

Fato interessante foi observado na atividade da enzima SOD que apresentou maior atividade nas plantas enxertadas quando comparadas às não enxertadas da mesma espécie, demonstrando que a enxertia pode ser causa de estresse e levar à incompatibilidade fisiológica e, neste caso, deve ser alvo de novos estudos que levem em consideração o ciclo completo da cultura. É necessário ressaltar que, foi realizado o transplântio de plantas não enxertadas e enxertadas das três espécies comerciais para o campo e estas se encontram em floração e início de produção (Anexo 2), não sendo constatados sinais de incompatibilidade entre as mesmas quanto à produção de frutos. Em observações visuais verificou-se que as plantas enxertadas e não enxertadas não diferem no tamanho e que os frutos das plantas enxertadas, em menor número, são maiores que nas plantas não enxertadas.

Também, no presente trabalho, observou-se diferenças na localização e na morfologia estomática entre as duas espécies. No entanto, esses resultados precisam ser melhores estudados, já que não foram submetidos a testes estatísticos e/ou realizados cortes histológicos para analisar outras características do material.

Os resultados demonstraram que, de forma geral, a enxertia das espécies comerciais sob *Passiflora cincinnata* tem pouca influência no desenvolvimento inicial e nas trocas gasosas, mesmo em situação de estresse hídrico. Diferenças significativas foram observadas na atividade enzimática e, principalmente, nos teores de minerais foliares.

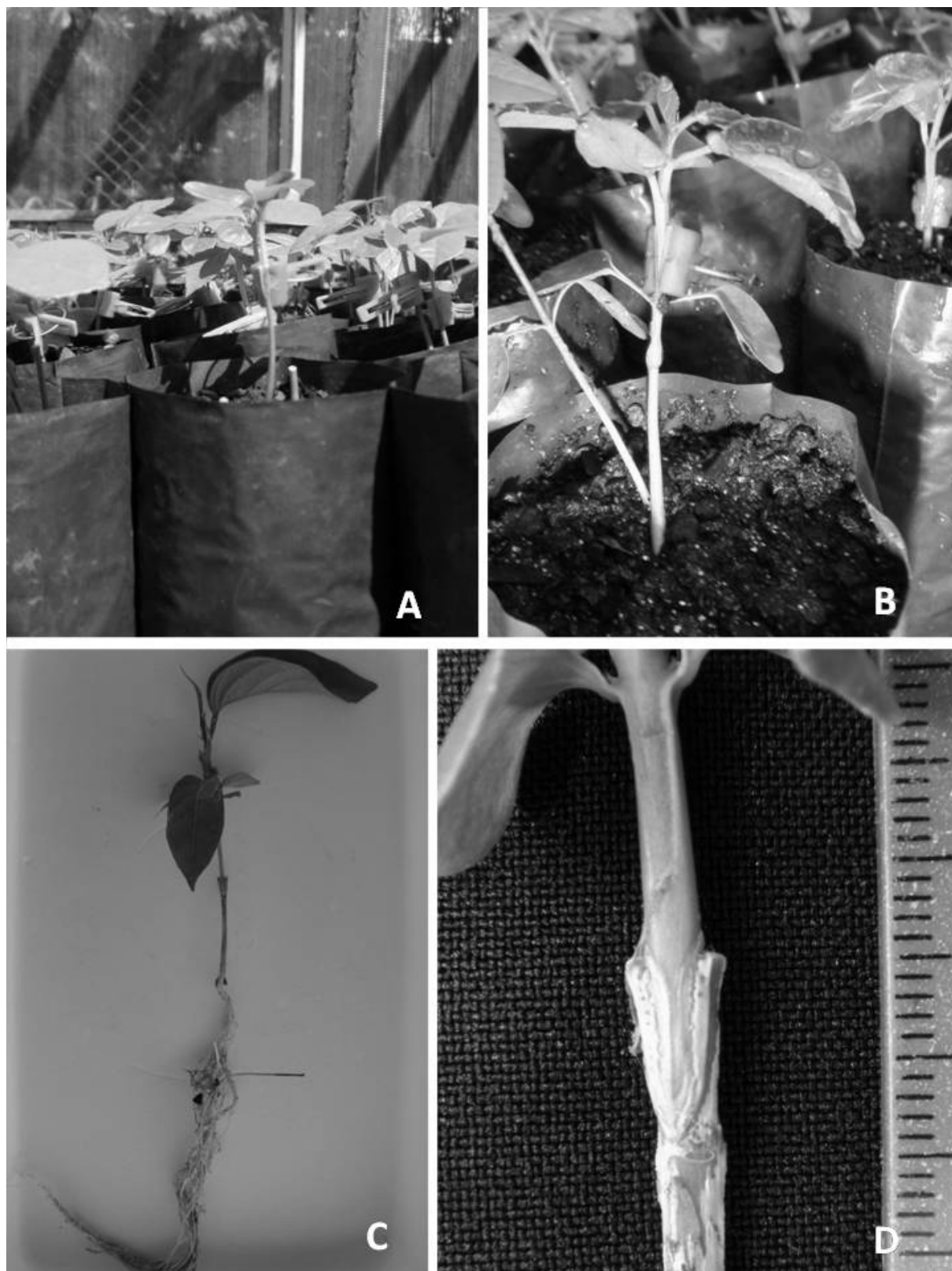
O presente trabalho não é conclusivo e novos estudos, que contemplem o ciclo completo da cultura são necessários para compreender os efeitos da enxertia na fisiologia de maracujazeiros.

## 8. CONCLUSÕES

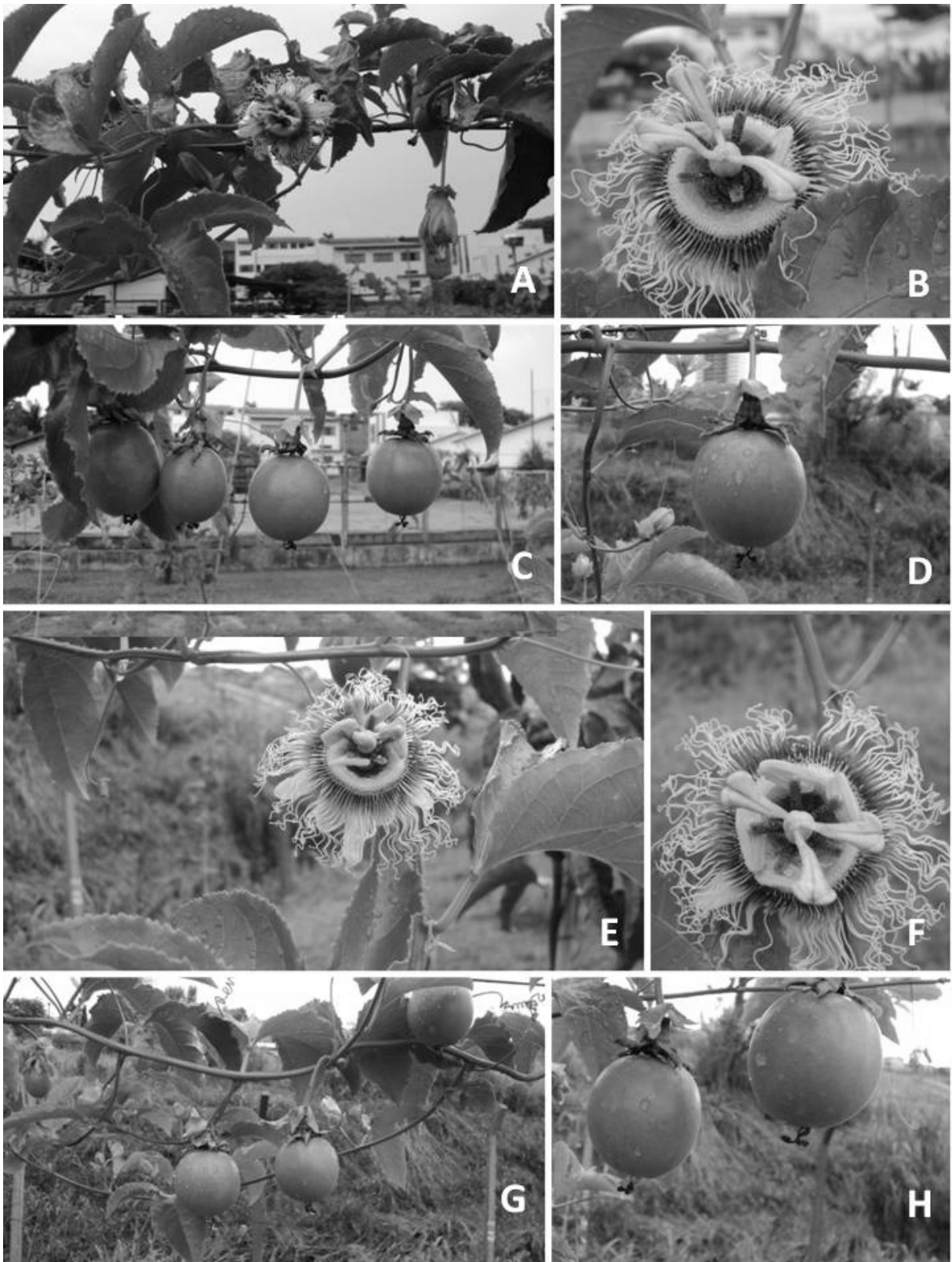
Pelos resultados obtidos e nas condições destes experimentos pode-se concluir que:

- A enxertia das espécies comerciais (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, *Passiflora edulis* f. *edulis* e *P. alata*) sobre *Passiflora cincinnata* não influenciou no desenvolvimento inicial das plantas;
- O estudo anatômico mostra que há compatibilidade entre enxertos (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *P. alata*) e o porta enxerto (*Passiflora cincinnata*) e,
- Não há diferenças no comportamento entre plantas enxertadas e não enxertadas em condições de estresse hídrico.

## **9. ANEXOS**



**Anexo 1:** Mudanças de *P. edulis* f. *edulis* (A – B) oito dias após a enxertia e de *P. alata* (C – D) aos 20 dias após a enxertia.



**Anexo 2:** Plantas de *Passiflora edulis* f. *edulis* não enxertadas (A, B, C e D) e enxertadas sobre *P. cincinnata* (E, F G e H).