

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

SIGRID COSTA VALBÃO FREIRE

**FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* EM DIFERENTES FASES DO
DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE TRÊS GENÓTIPOS DO
MARACUJAZEIRO CULTIVADOS NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

VITÓRIA - ES

2009

SIGRID COSTA VALBÃO FREIRE

**FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* EM DIFERENTES FASES DO
DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE TRÊS GENÓTIPOS DO
MARACUJAZEIRO CULTIVADOS NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal, Área de Concentração: Fisiologia Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Diolina Moura Silva.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Adelaide de Fátima S. da Costa.

VITÓRIA - ES

2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

V139f Valbão, Sigrid Costa, 1976-
Fluorescência da clorofila *a* em diferentes fases do desenvolvimento e qualidade dos frutos de três genótipos do maracujazeiro cultivados no norte do estado do Espírito Santo / Sigrid Costa Valbão Freire. – 2009.
88 f. : il.

Orientadora: Diolina Moura Silva.
Co-Orientadora: Adelaide de Fátima Santana da Costa.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Maracujá. 2. Solos - Manejo. I. Silva, Diolina Moura. II. Costa, Adelaide de Fátima Santana da. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. IV. Título.

CDU: 57

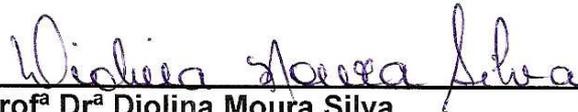
SIGRID COSTA VALBÃO FREIRE

“FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* EM DIFERENTES FASES DO DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE TRÊS GENÓTIPOS DO MARACUJAZEIRO CULTIVADOS NO NORTE DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Aprovada em 13 de Fevereiro de 2009.

COMISSÃO EXAMINADORA



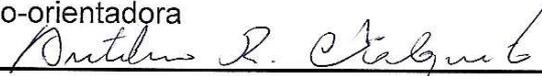
Prof^a Dr^a Diolina Moura Silva

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal-UFES
Orientadora



Prof^a Dr^a Adelaide de Fátima S. da Costa

Incaper
Co-orientadora



Prof^o Dr^o Antelmo Ralph Falqueto

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal - UFES
Examinador Interno



Prof^a Dr^a Gisela Ferreira

Unesp
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Ao meu marido Paulo, motivo de minha alegria em todos os momentos, e ao nosso bebê que está a caminho. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos e por me dar sabedoria e força para a realização deste trabalho.

À professora DSc. Diolina Moura Silva, pelo acolhimento como aluna, pelo carinho, dedicação e ensinamento durante toda a orientação deste trabalho.

À coordenação e aos professores e funcionários da Botânica, pela colaboração e por fazerem tudo funcionar da melhor forma possível.

À professora DSc. Adelaide de Fátima S. da Costa pela co-orientação e contribuição direta na realização deste trabalho.

Ao colega Inorbert de Mello Lima pela orientação indireta, assistência no campo e por me fazer entender a arquitetura complexa da lavoura de maracujá estudada.

A todos os funcionários do Incaper, em especial Joelson, por sempre estarem à disposição no campo, quando solicitados.

Aos membros da banca examinadora, professores DSc. Gisela Ferreira e Antelmo Ralph Falqueto, por contribuírem de forma objetiva na melhora deste trabalho, e por toda assistência pré e pós-defesa.

Ao meu marido Paulo, que foi mais do que um amigo e companheiro, foi parte integrante de mim nesta jornada, estando sempre ao meu lado, me incentivando e não me deixando desistir quando a insegurança ameaçava aparecer. Obrigada por TUDO em todos os momentos.

À minha mãe Alcemir e ao meu pai João pelos colos e pelas palavras e atitudes de carinho e amor.

À minha irmã Ingrid, ao meu cunhado Valdemir e aos meus sobrinhos Álvaro e Beatriz, pessoas que amo, pelas incontáveis 'fugas' para um 'cafezinho' no meio da semana.

Aos meus sogros Theresa e Ananias, e à tia Madalena, pelo carinho e apoio.

Às amigas-irmãs Mariela e Sabrina, pela convivência mais do que pacífica, pela dedicação incondicional, pelas palavras amigas, pelos puxões de orelha nas horas certas, e por dividirem comigo momentos de alegria, de receio e de dúvidas. Por terem sido, a todo instante, verdadeiras amigas. Esta vitória também é de vocês!

Aos amigos da turma do mestrado, que fizeram todos os momentos se tornarem mais agradáveis e estimulantes.

Aos estagiários do laboratório e amigos do Centro de Formação Continuada (CeFoCo), em especial Gabriela, Joilton, Julia, Mônica e Priscilla, por tantas gargalhadas, almoços, cafezinhos, clubes de 'gordinhas e gordinhos', filmes nas horas 'vagas', aniversários, madrugadas à fio trabalhando, 'índios botocudos', vídeo-conferências, aulas presenciais, campos (de mamão, maracujá, abacaxi, mata atlântica), pelos sons divididos, terapias, enfim, pela amizade verdadeira de todos vocês.

À Fundação Ceciliano Abel de Almeida (FCAA), em nome da gerente financeira, Kátia Domingas e do diretor geral Prof. Dr. Sebastião Pimentel Franco pela presteza na gestão financeira do projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) pela oportunidade e pelos subsídios.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de estudar a cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* de três genótipos de maracujazeiro cultivados sob condições adversas, no norte do estado do Espírito Santo, e sua relação com a qualidade dos frutos. Dos três genótipos estudados, dois são comercialmente conhecidos: FB 100 (Maguary) e FB 200 (Yellow Master). O terceiro, apresenta casca arroxeadada que busca as exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, neste trabalho chamado de genótipo teste - GT. As plantas foram cultivadas em campo experimental do Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), em Sooretama, ES, e submetidas a quatro manejos de solo: 1= aração e gradagem; 2= aração, gradagem e subsolagem; 3 = aração, gradagem e camalhão; 4 = aração, gradagem, subsolagem e camalhão. As medidas da cinética da emissão fluorescência da clorofila *a*, foram realizadas mensalmente, desde a fase de produção de muda até a efetiva produção de frutos, usando um fluorômetro portátil (Handy PEA - Hanstech, UK). A eficiência fotoquímica dos três genótipos foi maior enquanto as plântulas estiveram em viveiro. Na transição de viveiro para campo, o genótipo Maguary apresentou maior rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_V/F_0), maior probabilidade (no tempo zero) de um excitron capturado pelo centro de reação (RC) do fotossistema II (FSII) mover um elétron na cadeia de transporte para além de Q_A^- (ET_0/TR_0) e maior índice de desempenho (P.I) quando comparado com os genótipos Yellow Master e GT. Ao serem transferidas para o campo, as plântulas do genótipo GT apresentaram os menores valores de ET_0/TR_0 e de P.I. Os parâmetros de fluorescência evidenciaram o estresse sofrido pelas plântulas no transplântio de viveiro para campo e também na passagem do crescimento vegetativo para o crescimento reprodutivo. Na transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva, a eficiência quântica máxima do fotossistema II (FSII) (F_V/F_M), o fluxo de absorção de energia radiante por centro de reação (ABS/RC), o fluxo de energia capturada por centro de reação no tempo zero (TR_0/RC), e o fluxo de transporte de elétrons por centro de reação no tempo zero (ET_0/RC), foram semelhantes nos três genótipos. Entretanto, o genótipo GT apresentou maior rendimento quântico máximo efetivo do fotossistema II (F_V/F_0) e maior índice de desempenho (P.I), provavelmente devido a uma menor dissipação (DI_0/RC) da energia

absorvida. A razão clorofilas/carotenóides foi, estatisticamente, maior no genótipo GT do que a encontrada nos genótipos FB 100 (Maguary) e FB 200 (Yellow Master) durante a transição de fase vegetativa para reprodutiva, o que evidencia a importância dos pigmentos clorofila *b* e carotenóides na fotoproteção do fotossistema diretamente relacionado ao maior índice de desempenho (P.I.). As análises de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) dos frutos dos três genótipos de maracujazeiro foram feitas utilizando-se leitura direta do suco em refratômetro digital (Instrutherm, mod. RTD-45) e titulação em NaOH 0,1 N (padronizada), respectivamente. Os resultados mostraram que, no solo com aração, gradagem, subsolagem e camalhão (tratamento 4) as cultivares FB100 e FB200 apresentaram uma relação SS/AT média de 2,8 a 3,7 enquanto que em GT a média foi de 2,6. Apesar de apresentar excelentes características fisiológicas e agronômicas, estes resultados indicam o melhor sabor para consumo *in natura* nas duas cultivares já bem estabelecidas no estado do Espírito Santo.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the chlorophyll *a* fluorescence emission kinetics of three passion fruit genotypes cultivated on adverse conditions in the north of Espírito Santo; and its association with the quality of the fruits. Two of the three studied genotypes are commercially known: FB 100 (Maguary) and FB 200 (Yellow Master). The third one presents purplish skin, suitable for the *in nature* fruits exportation marketing, in this work it is called test genotype – GT. The plants were cultivated in an experimental field of the Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), in Sooretama, ES, and submitted to four field treatment: 1= plowing and harrowing; 2= plowing, harrowing and subsoiling; 3= plowing, harrowing and ridge; 4= plowing, harrowing, subsoiling and ridge. The chlorophyll *a* kinetics emission was measured monthly, since the seedlings production stage until the fruits production stage, using a portable Fluorometer (Handy PEA - Hanstech, UK). The photochemical efficiency of the three genotypes was better when the plantules were in the nursery. In the nursery to field transition, the Maguary genotype was evidenced for a larger quantum output of energy conversion (F_v/F_0), more probability (in zero time) of a captured exciton by the photosystem II (PSII) reaction center (RC) to move an electron in the chamber transport to beyond than Q_A^- (ET_0/TR_0) and a higher performance index (P.I), when compared with Yellow Master and GT genotypes. When the plants were transferred to the field, the GT genotype seedlings presented lower values of ET_0/TR_0 and of P.I. The fluorescence parameters turned evident the stress that those seedlings suffered when the transplantation occurred between the nursery and the field and on the vegetative growing to the reproductive growing change. In the vegetative phase to the reproductive phase transition, the photosystem II (PSII) maximum quantum efficiency (F_v/F_M), the radiant energy absorption flow per reaction center (ABS/RC), the reaction of the captured energy in zero time (TR_0/RC), and the electron transportation flow per reaction center in zero time (ET_0/RC), were similar in the three genotypes. However, the GT genotype showed a higher PSII effective maximum quantum yield (F_v/F_0) and high performance index (P.I), probably because the absorbed energy dissipation (DI_0/RC) was smaller. The average rate among chlorophyll/carotenoid was, statistically, higher in GT genotype than those that were found in FB 100 (Maguary) and FB 200 (Yellow

Master) genotypes during the transition from vegetative to reproductive stage, which turns evident the chlorophyll *b* and carotenoids pigments importance in the photoprotection of the photosystem that were directly related to the superior performance index (P.I.). The analysis of the soluble solids (SS) and titratable acidity (AT) of the three genotypes of the passion fruit were made using a direct reading of the juice with a digital refractometer (Instrutherm, mod. RTD-45) and titration with NaOH 0,1 N (default), respectively. The results showed that, in a plowed, harrowed, subsoiling and ridge field (treatment number 4) the FB100 and FB200 cultivars showed a SS/AT rate average among 2,8 to 3,7 as long as in GT the average rate was 2,6. In spite of the excellent physiological and agronomical characteristics, these results represent a superior taste to *in nature* consume in the two cultivars that are already established in the state of Espírito Santo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS/RC = fluxo específico de absorção por centro de reação

AT = acidez titulável

DI₀/RC = fluxo de energia dissipada por centro de reação

DMSO = Dimetilsulfóxido

ES = Espírito Santo

ET₀/RC = fluxo de transporte de elétrons por centro de reação, no tempo zero

ET₀/TR₀ = probabilidade (no tempo zero) de um excitron capturado pelo RC do FSII, mover um elétron na cadeia de transporte para além de Q_A⁻ (ψ_{P0})

F_M = fluorescência máxima, quando todos os centros de reação do FSII estão fechados

F₀ = fluorescência inicial (fluorescência mínima), quando todos os centros de reação do FSII estão abertos

F₀/F_M = rendimento quântico máximo da deexcitação não-fotoquímica

FS I = fotossistema I

FS II = fotossistema II

F_V = fluorescência variável

F_V/F_M = rendimento quântico máximo potencial do fotossistema II

F_V/F₀ = rendimento quântico máximo efetivo do fotossistema II

MS = massa seca

NADP = Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato

NaOH = hidróxido de sódio

PI = índice de desempenho, calculado com base na absorção (ABS)

Q_a = quinona a

RC = centro de reação

RC/ABS = densidade de centros de reação expressos com base na absorção

RC/CS₀ = quantidade de centros de reação ativos por sessão transversal no tempo igual ao tempo para alcançar F_M

SS = sólidos solúveis

SS/AT = razão entre sólidos solúveis e acidez titulável

TR₀/ABS = rendimento quântico máximo potencial do FSII (ϕ_{P0})

TR₀/RC = fluxo de energia capturada por centro de reação, no tempo zero

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 METODOLOGIA	19
2.1 Material Vegetal e Condições de cultivo	19
2.2 Dados Climáticos	21
2.3 Cinética da emissão da fluorescência da clorofila <i>a</i>	22
2.4 Características físico-químicas dos frutos	25
2.5 Pigmentos Fotossintéticos	26
2.6 Delineamento e Análises estatísticas	27
3 REFERÊNCIAS	28
4 RESULTADOS	33
4.1 Efeitos do estresse do transplântio sobre a eficiência fotossintética de genótipos de maracujazeiro.....	34
4.2 Eficiência fotoquímica de três genótipos de maracujá em duas diferentes fases de desenvolvimento	52
4.3 Caracterização físico-química dos frutos de três genótipos de maracujá submetidos a diferentes manejos de solo na região norte do Espírito Santo.....	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90

1 INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae é amplamente diversificada. Possui 18 gêneros e 630 espécies, sendo o gênero *Passiflora* o maior, constituído por 22 subgêneros e 485 espécies, das quais 150 a 200 espécies são nativas do Brasil (VANDERPLANK, 2000).

O gênero *Passiflora* é originário da América do Sul, mais especificamente do centro Norte do Brasil (LEITÃO FILHO; ARANHA, 1974). O maracujá-azedo ou maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Degener) e o maracujá-roxo (*Passiflora edulis* Sims.) são os mais cultivados para fins econômicos. O primeiro é cultivado em quase todos os estados brasileiros e representa aproximadamente 95% de área de maracujá cultivada no País (MELLETTI, 2003). Em uma escala menor, com uma comercialização mais restrita, o maracujá-roxo é cultivado juntamente com outros genótipos para a diversificação dos pomares nacionais ou para exportação (MATTA, 2005).

Araújo et al. (2002) relatam que a produção de frutas no Brasil é uma atividade importante para o agronegócio com grande contribuição para o desenvolvimento econômico, tanto no mercado interno quanto para exportação de frutas frescas ou de seus produtos industrializados.

A área de maracujá cultivada no Brasil (seja azedo ou doce) passou de 25.390 hectares, em 1990, para 45.327, em 2006, o que representa aumento de 78%, colocando o País como o primeiro produtor mundial, ocupando esta posição há mais de 16 anos. Dentre os estados brasileiros produtores da fruta, a Bahia destaca-se como o maior produtor Nacional, seguido por Ceará, Espírito Santo, Pará e Minas Gerais (IBGE, 2006). A participação do Espírito Santo na produção brasileira atinge cerca de 20% do total produzido, correspondentes a, aproximadamente, 72.079 toneladas/ano (Figura 1).

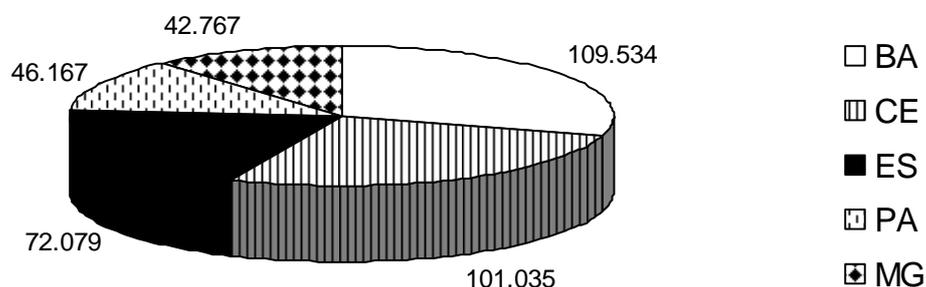


Figura 1 – Produção de maracujá no Brasil em 2005 (toneladas/ano) (Fonte: IBGE, 2006)

Mesmo tendo uma grande área cultivada, existem alguns fatores que interferem na produtividade do maracujazeiro no Brasil. A irrigação, por exemplo, é imprescindível para a cultura, pois promove ótimo crescimento das plantas, aumentando a produtividade, tornando-a contínua e uniforme, e com frutos de boa qualidade (MANICA, 1981; RUGGIERO et al., 1996).

Além disso, a temperatura, o fotoperíodo e a radiação solar são fatores que também podem interferir na produtividade do maracujazeiro (MENZEL; SIMPSON, 1994). Todavia, estudos que relatem os efeitos das variações das condições hídricas, temperatura, fotoperíodo, radiação solar, manejo e tratos culturais, bem como os efeitos/conseqüências das pragas e doenças sobre a produtividade e qualidade dos frutos, são escassos no Brasil (COSTA; COSTA, 2005).

Estudos sobre as taxas fotossintéticas e as relações fonte-dreno em plantas de maracujá expostas aos estresses ambientais também são escassos (FALEIRO et al., 2005), o que torna este estudo de grande relevância para o avanço do conhecimento à cerca dos fatores que condicionam uma maior produtividade e qualidade dos frutos.

Assim, a interação planta (genótipo) versus ambiente (fatores edafoclimáticos) deve ser 'satisfatória' para condicionar o crescimento e a produtividade, visto que a produção vegetal está diretamente relacionada ao melhor aproveitamento da energia solar pela cultura, transformada em energia química durante o processo fotossintético (LEME et al., 1984), processo diretamente limitado pela temperatura, disponibilidade hídrica e luz.

A fotossíntese é um dos processos metabólicos mais importantes nos vegetais. Logo, medidas da atividade fotossintética podem ser utilizadas em estudos comparativos entre genótipos, no conhecimento dos estádios de desenvolvimento de uma cultura, na investigação de danos causados por diversos fatores de estresse no aparato fotossintético, e no fornecimento de informações gerais sobre o estado fisiológico da planta (CAMPOSTRINI; MAESTRI, 1998; TORRES NETO et al., 2002; TÓTH, 2006).

Watson e Bowers (apud VASCONCELLOS; DUARTE FILHO, 2000), foram os pioneiros nos estudos de fotoperíodo em maracujazeiro amarelo. Segundo os autores, as maiores produções de maracujazeiro foram conseguidas em fotoperíodos superiores a 12 horas e a diminuição desse período ocasiona a redução do número de flores e fotoperíodos inferiores a 8 horas provocam a ausência de florescimento.

No processo fotossintético, a luz absorvida na antena pode ser transferida para os centros de reação dos fotossistemas ou, se houver um excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de calor ou fluorescência (KRAUSE; WINTER, 1996; YOUNG; FRANK, 1996).

A técnica da fluorescência da clorofila *a* tem permitido uma avaliação muito apurada do estado funcional do aparelho fotossintético. Estresses por déficit hídrico ou por encharcamento, por exemplo, são evidenciados nesta técnica pelas alterações estruturais e funcionais do complexo proteína-pigmento do Fotossistema II (FSII) (SKOTNICA et al., 2000; PANDA et al., 2006). Portanto, uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas da planta sob estresse é a fluorescência da clorofila *a* (MAXWELL; JOHNSON, 2000), em que a redução na dissipação da energia pelo processo fotoquímico é refletida pelo incremento correspondente na fluorescência.

Um esquema do fluxo de elétrons nos fotossistemas pode ser observado na Figura 2.

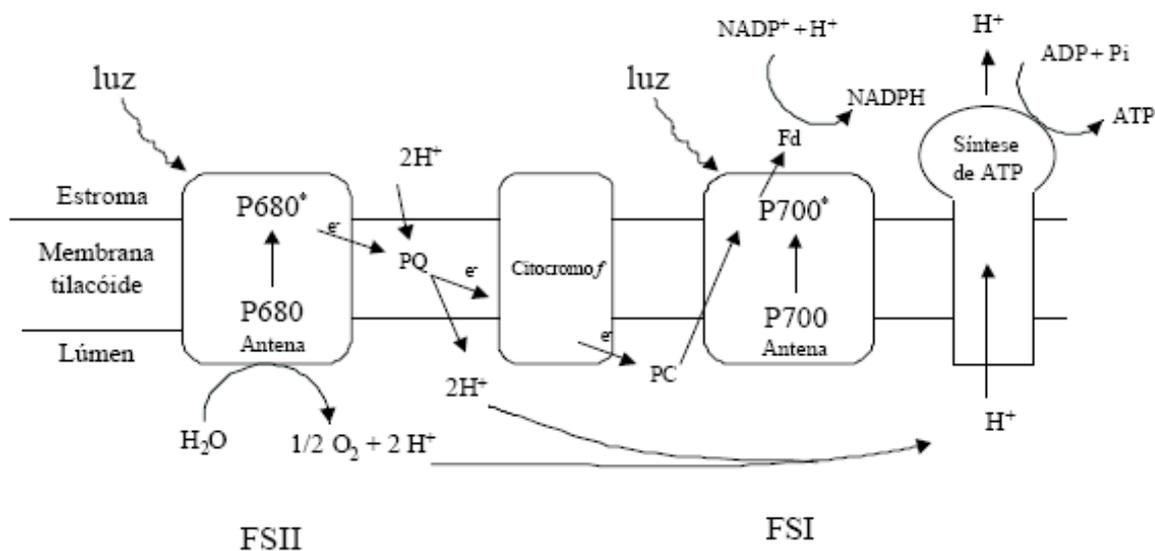


Figura 2 – Esquema simplificado do transporte de elétrons no cloroplasto das plantas, mostrando os fotossistemas II e I, respectivamente (KLUGE, 2006).

Como consequência da eficiência fotossintética, do crescimento e da adaptabilidade ao ambiente, as plantas produzirão frutos com um padrão de qualidade característico. As características físicas dos frutos referentes à aparência externa, tamanho, forma e cor da casca e as características físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, constituem atributos de qualidade à comercialização e utilização da polpa na elaboração de produtos industrializados (CHITARRA; CHITARRA 1990).

Neste trabalho o estudo da fluorescência da clorofila *a* no maracujazeiro está sendo pioneiro. Considerando que os principais gargalos da produção agrícola são quebrados com o entendimento da fisiologia e bioquímica do vegetal, o estudo da indução da fluorescência da clorofila *a* agrega valores tanto em relação à pesquisa básica quanto à pesquisa aplicada na área da fruticultura no País. Até o presente, nenhum estudo mais detalhado da fluorescência da clorofila *a* em genótipos do maracujazeiro submetidos ao estresse do transplante das mudas para o campo, nem o monitoramento das oscilações na eficiência fotoquímica do fotossistema II e os mecanismos de fotoproteção durante o crescimento vegetativo e reprodutivo foram feitos. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo:

- Avaliar a cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* de plantas de três genótipos do maracujazeiro desde o estágio de mudas até a primeira colheita e a qualidade dos frutos

1 – análise da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* durante o primeiro ano de vida das plantas de três genótipos do maracujazeiro

2 – avaliação da qualidade dos frutos das plantas de três genótipos de maracujazeiro cultivadas sob condições adversas.

2 METODOLOGIA

2.1 Material Vegetal e Condições de Cultivo

O experimento foi instalado em junho de 2007 na Fazenda Experimental de Sooretama, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), região nordeste do estado do Espírito Santo (altitude de 75 m, longitude - 40,079 W, latitude - 19,114 S) (IBGE, 2006).

As sementes de três genótipos do maracujazeiro (Maguary – FB 100, Yellow Master – FB 200, e um híbrido de casca arroxeadada que está sendo avaliado em programa de melhoramento da Flora Brasil, buscando atendimento às exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, aqui denominado ‘Genótipo teste’ – GT. Todas as sementes foram fornecidas pela empresa “Flora Brasil – Sementes e Mudas”. As mudas foram produzidas em tubetes, sendo irrigadas com sistema de nebulização intermitente, em condições de viveiro e, posteriormente, aclimatadas em viveiro protegido com sombrite de 50% de luminosidade.

O transplântio ocorreu, aproximadamente, 70 dias após a semeadura (setembro de 2007), quando as plântulas apresentavam aproximadamente 20 cm de altura. As mudas foram plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, sob espaçamento de 3 x 3 m (1.111 plantas/ha).

Foram utilizados quatro manejos de solo: 1=aração e gradagem; 2=aração, gradagem e subsolagem; 3=aração, gradagem e uso de camalhão (de base larga, em torno de 1,20 m de largura e de 20 a 25 cm de altura); 4=aração, gradagem, uso de camalhão e subsolagem. Em todos os manejos as plantas tiveram irrigação localizada. O experimento foi irrigado por meio de micro aspersão.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 3 repetições, em esquema fatorial, utilizando-se três genótipos e quatro sistemas de manejo de solo.

As plantas foram conduzidas no sistema de espaldeira (Figura 3), com um fio de arame, a 1,8 m de altura em relação ao nível do solo. Foi realizada a poda da haste principal quando a mesma atingiu o fio de arame, e condução dos ramos laterais da copa, conforme recomendações técnicas para a cultura. A correção da acidez e a adubação do solo foram efetuadas baseando-se na análise química do solo seguindo orientação de Prezotti et al. (2007).



Figura 3 – Vista geral do sistema de condução em espaldeira ao qual plantas dos três genótipos do maracujazeiro foram submetidos.

2.2 Dados Climáticos

São apresentados na Tabela 1 os dados climáticos dos dias de coleta e dos dias que antecederam as medidas mensais da cinética da emissão da fluorescência e dos pigmentos foliares.

Tabela 1 – Dados climatológicos da região de Sooretama – ES – dos dias anteriores (X_a) e do dia da medição (X_b) da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* em plantas de maracujazeiro de três genótipos cultivados sob quatro diferentes manejos de solo. A primeira coluna representa os períodos das medidas. T. Max = temperatura máxima; T. Mín. = temperatura mínima; Amp. Térm. = amplitude térmica; T. Média = temperatura média; UR=Umidade relativa; PPT = precipitação.

Medidas	T. Max. (°C)	T. Mín. (°C)	Amp. Térm. (°C)	T. Média (°C)	UR (%)	PPT (mm)
1a	30,0	13,5	16,5	17,3	75,6	0,0
1b	30,0	14,5	15,5	22,1	71,6	0,0
2a	31,0	15,5	15,5	22,8	62,5	0,0
2b	29,0	14,0	15,0	19,9	73,8	1,0
3a	30,5	14,5	16,0	21,5	49,5	0,0
3b	30,0	15,0	15,0	21,4	52,8	1,3
4a	37,0	21,0	16,0	27,3	69,5	0,0
4b	37,0	20,5	16,5	26,8	62,0	0,0
5a	29,5	18,0	11,5	23,1	70,9	0,0
5b	30,0	18,0	12,0	23,1	73,9	0,0
6a	33,0	21,5	11,5	26,4	72,0	0,0
6b	33,5	19,5	14,5	26,4	73,4	0,0
7a	33,5	19,0	14,0	25,2	*	0,0
7b	33,0	17,5	15,5	24,6	*	0,0
8a	36,0	21,0	15,0	24,4	*	34,5
8b	32,0	21,5	10,5	24,9	*	0,0
9a	33,5	20,5	13,0	26,1	*	0,0
9b	34,0	20,5	13,5	26,4	*	0,0
10a	37,0	22,0	15,0	27,2	*	1,0
10b	36,5	22,5	14,0	26,7	*	2,8
11a	34,0	20,5	13,5	25,1	*	0,0
11b	31,0	20,0	11,0	23,7	*	0,0
12a	34,5	22,0	12,5	24,8	*	0,3
12b	32,0	22,0	10,0	24,8	*	0,0
13a	27,5	15,0	12,5	21,4	*	0,0
13b	27,5	14,5	13,0	20,9	*	0,0

Xa = média dos 5 dias que antecederam a coleta

Xb = dia da coleta

*Sem UR por problemas com os sensores

2.3 Cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a*

A cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foi mensurada mensalmente em um fluorômetro portátil Handy PEA (Plant Efficiency Analyzer, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK) utilizando folhas jovens completamente expandidas. Quando no estádio

de mudas, antes e após o transplante (antes que as plantas atingissem o fio de arame), a medição foi realizada na segunda folha superior (do ápice para a base). Após a fase de mudas, todas as medidas foram executadas em folhas completamente desenvolvidas, em perfeitas condições fitossanitárias.

As análises foram realizadas durante 11 meses (de julho de 2007 a maio de 2008), sempre nas primeiras horas da manhã, com a adequação da área foliar ao escuro por 30 minutos. A fluorescência transiente foi induzida com luz vermelha de cerca de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fornecido por um conjunto de três LED's (lâmpadas com emissão diodo) (pico de 650 nm), aplicado sobre a superfície da folha para proporcionar uma iluminação homogênea sobre a área exposta da folha (4 mm de diâmetro). A intensidade de fluorescência aos 50 μs foi considerada como F_0 (F_0 , $F_{50\mu\text{s}}$) (STRASSER; STRASSER, 1995).

Os resultados da cinética da fluorescência transiente foram tabulados com o programa do Handy PEA (PEA Plus) para uma planilha eletrônica. Este software extrai os valores da fluorescência rápida: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_M), fluorescência variável (F_V) e o rendimento quântico máximo potencial do fotossistema II (FSII) expresso pela razão F_V/F_M .

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi analisada de acordo com o teste JIP (veja Tabela 2). A partir da curva OJIP transiente, a análise dos parâmetros conduziu ao cálculo e derivação de uma variedade de parâmetros novos de acordo com Strasser et al. (2000; 2004). Estes parâmetros fornecem informações estruturais e funcionais do FSII (ABS/RC ; TR_0/RC ; ET_0/RC ; DI_0/RC ; ET_0/TR_0 e RC/CS_0), rendimento quântico (F_V/F_M e F_V/F_0) e índice de "vitalidade" da planta – P.I., permitindo quantificar o comportamento do FSII nos diferentes períodos avaliados (tabela 1).

Tabela 2 – Sumário dos dados técnicos da curva O-J-I-P e dos parâmetros selecionados e sua descrição, usando os dados do teste JIP extraídos da fluorescência transiente da clorofila *a*.

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
F_0	Fluorescência inicial (fluorescência mínima). Intensidade da fluorescência aos 50 μ s obtidas em amostras adaptadas ao escuro. É considerada como a intensidade da fluorescência quando todos os RC's do FSII estão abertos, isto é ou quando Q_A está totalmente oxidada.
F_M	Fluorescência máxima. Intensidade máxima da fluorescência, obtida após 300 ms, considerada como a intensidade da fluorescência quando todos os RC's do FSII estão fechados e o acceptor Q_A esta completamente reduzido.
F_v/F_M	Rendimento quântico máximo potencial do FSII. Eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação do FSII abertos representando $\phi_{P0} = 1 - (F_0/F_M) = TR_0/ABS$
ABS/RC	Fluxo de fótons absorvidos por centros de reação.
TR₀/RC	Fluxo de energia de excitação efetivamente capturada pelo centro de reação.
ET₀/RC	Fluxo de energia que foi efetivamente destinada ao transporte de elétrons pelo centro de reação o que resultará na reoxidação das Q_A reduzidas
DI₀/RC	Dissipação de energia de excitação do centro de reação ativo
RC/CS₀	Densidade de Centros de Reação ativos do FSII por centro de reação
F_v/F₀	Rendimento quântico máximo efetivo de conversão de energia
ET₀/TR₀	Probabilidade (no tempo zero) de um excitron capturado, mover um elétron na cadeia de transporte para além de Q_A^-
PI	Índice de desempenho. É o produto de três parâmetros independentes: RC/ABS, ϕ_{P0} e ψ_{P0} e é considerado um indicador da vitalidade da amostra, ou seja, a densidade de centros de reação expressos com base na absorção (RC/ABS), o rendimento quântico máximo potencial do FSII ($\phi_{P0} = TR_0/ABS$) e a habilidade de transferência de elétrons na cadeia transportadora, entre o FSII e FSI ($\psi_{P0} = ET_0/TR_0$)

2.4 Características físico-químicas dos frutos

Os frutos dos três genótipos de maracujazeiro (Figura 4) foram amostrados aproximadamente 80 dias após antese. A antese aconteceu em mais de 50% da lavoura em janeiro de 2008, e a coleta dos frutos aconteceu em abril de 2008, sendo selecionados visualmente e colhidos ainda no estágio pré-climatérico, quando apresentavam o início da mudança da cor da casca de verde para amarelo ou verde para roxo (RUGGIERO et al., 1996).

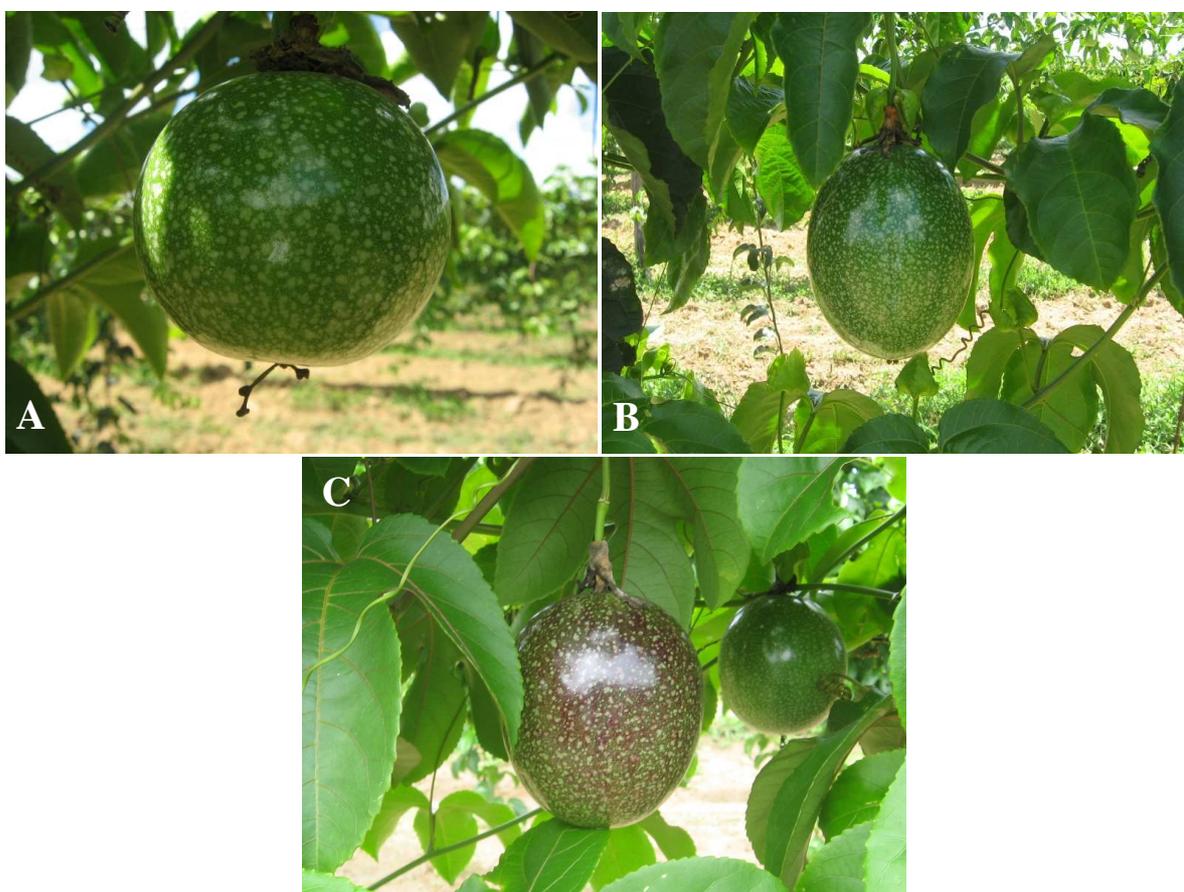


Figura 4 – Frutos dos genótipos de maracujá estudados: A – Maguary (FB 100); B – Yellow Master (FB 200) e C – genótipo roxo com características para exportação, genótipo teste (GT).

No laboratório, os frutos foram lavados e procedeu-se a amostragem para as características de qualidade. O suco foi separado das sementes em peneira de nylon (ARAÚJO et al., 2007). O teor de sólidos solúveis (SS), expresso em °Brix, foi obtido

pela leitura direta, de duas gotas do suco, em refratômetro digital (Instrutherm, RTD-45), com compensação automática de temperatura (AOAC, 1992). A acidez titulável (AT) foi obtida pela titulação de alíquotas de 10 mL de uma solução contendo 5 mL da amostra, diluídos em 50 mL de água destilada. Em seguida, três gotas de fenolftaleína a 2% foram adicionadas e a titulação padrão em NaOH 0,1 N foi realizada. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico usando a equação sugerida por Abreu (2006):

$$\% \text{ ácido cítrico: } Vg \times N \times F \times \text{Eq.ác.} / 10 \times g$$

sendo:

Vg = volume de NaOH gasto (mL)

N = normalidade do NaOH = 0,1 N

F = fator de correção obtido para a padronização do NaOH = 1,00

Eq.ác.= equivalente ácido do maracujá = 64

g = massa da amostra = 1g

A razão SS/AT foi determinada por meio da relação entre os teores de sólidos solúveis e a acidez titulável.

2.5 Pigmentos Fotossintéticos

O teor de clorofila total, clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides foi determinado após extração com dimetilsulfóxido (DMSO) (ZANELLA et al., 2006) de dois discos foliares de 1 cm de diâmetro, retirados da mesma folha utilizada para a análise da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a*.

As folhas foram coletadas em campo, acondicionadas em sacolas plásticas pretas, mantidas em caixa térmica com gelo até o laboratório de Ecofisiologia Vegetal em Vitória, ES. Foi coletada uma folha por cultivar, por tratamento, totalizando 12 folhas, sendo essas as mesmas folhas utilizadas para medida da emissão da fluorescência da clorofila *a*. De cada folha retirou-se 2 discos, os quais foram macerados em 10 mL de

DMSO, em tubos de ensaio com tampa, mantidos no escuro por um período de 30 horas. As leituras da densidade ótica foram feitas em espectrofotômetro a 470, 663 e 645 nm. As determinações das concentrações de clorofila e carotenóides foram realizadas usando as equações de Arnon (1949) e Lichtenthaler (1987):

$$\text{Clorofila } a = (12,7.A_{663} - 2,69.A_{645} / 1000MS).V \quad (\text{mg.g}^{-1} \text{ MS})$$

$$\text{Clorofila } b = (22,9.A_{645} - 4,68.A_{663} / 1000MS).V \quad (\text{mg.g}^{-1} \text{ MS})$$

$$\text{Clorofila Total} = (20,2.A_{663} - 2,69.A_{645} / 1000MS).V \quad (\text{mg.g}^{-1} \text{ MS})$$

$$\text{Carotenóides} = (1000.A_{470}) - (1,82.\text{Clor.}a) - (85,02.\text{Clor.}b) / (198).V \quad (\text{mg.g}^{-1} \text{ MS})$$

Onde:

A_{470} = absorbância a 470 nm; A_{663} = absorbância a 663 nm; A_{645} = absorbância a 645 nm; V = volume da amostra (mL); MS = massa seca da amostra (g).

Para a obtenção da massa seca, os discos foliares foram, após a extração dos pigmentos, secos em estufa a $\pm 60^{\circ}\text{C}$, até obtenção de uma massa constante.

2.6 Delineamento e Análises Estatísticas

Para a análise da emissão da fluorescência transiente e de pigmentos fotossintetizantes das mudas foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3 x 12 (três genótipos e doze indivíduos de cada genótipo). A análise dos pigmentos foi realizada nas mesmas folhas da emissão da fluorescência da clorofila a, porém, com duas repetições (dois discos foliares).

Para a análise da emissão da fluorescência transiente e de pigmentos fotossintetizantes dos indivíduos adultos, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 3 repetições, em esquema fatorial, utilizando-se três genótipos e quatro sistemas de manejo de solo

Para a análise de SS e AT, foram utilizados seis frutos por genótipo (6 repetições), por tratamento (manejo), totalizando 72 frutos.

Os dados de SS, AT e pigmentos fotossintetizantes foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises de variância utilizadas foram executadas pelo Programa Assistat 7.5 beta (2008), UAEG-CTRN-UFMG, Campina Grande – PB.

Os dados obtidos nas análises da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram submetidos à estatística descritiva, considerando que estas medidas não seguem a distribuição normal ou Gaussiana (LAZAR, 2006).

3 REFERÊNCIAS

ABREU, S. de P. M. **Desempenho agrônomo, características físico-químicas e reação a doenças em genótipos de maracujazeiro-azedo cultivadas no Distrito Federal**. 2006. 144p. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2006.

ARAÚJO, R. da C.; BRUCKNER, C.H.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; ALVAREZ V, V.H.; DIAS, J.M.M.; SOUZA, J.A. de. Produção e qualidade de frutas do maracujazeiro-amarelo em resposta à nutrição potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, E.C.; SILVA, R.F.; VIANA, A.P.; SILVA; M.V. Estádio de maturação e qualidade de sementes após repouso de frutos de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.67-76, 2007.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, n.1, p.1-15, 1949.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 12. ed. Washington: A.O.A.C., 1992.

CAMPOSTRINI, E.; MAESTRI, M. Photosynthetic potential of five genotypes of *Coffea canephora* Pierre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v. 10, n. 1, p. 13 - 18, 1998.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, 320 p.1990.

COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da. (Eds.) **Tecnologias para a produção de maracujá**. Vitória: Incaper. 2005.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Germoplasma de Melhoramento Genético. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, DF, 677 p., 2005.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em www.ibge.gov.br/estadosat/. Acesso em abril de 2008.

KLUGE, R. A. Apostila de Fotossíntese. 2006. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).

KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Acta Botânica**, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.

LAZAR, D. The polyphasic chlorophyll a fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. **Functional Plant Biology**. V. 33, n. 1, p. 9-30, 2006.

LEME, E.A.J., MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. **Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e a relação com a produtividade**. Piracicaba, p. 3-9, 1984. (Cadernos Planalsucar, 2).

LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C. Botânica do maracujazeiro. In: **SIMPÓSIO DA CULTURA DO MARACUJÁ**, 1., Campinas, 1971. Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 13p., 1974.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L.; Douce, R. Eds. **Methods in Enzimology**. Academic Press, London, UK, v. 148, p. 350-381, 1987.

MANICA, I. **Fruticultura tropical**: manga. São Paulo: Agronômica Ceres, 135p, 1981.

MATTA, F.P. **Mapeamento de QTL para *Xanthomonas axonopodis* pv. *Passiflorae* em maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.)**. 2005. 230p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba: ESALQ/USP, 2005.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

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

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R. Passionfruit. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology crops**: volume II: sub-tropical and tropical crops. Boca Raton: CRC Press, p. 225-241, 1994.

PANDA, D.; RAO, D.N.; SHARMA, S.G.; STRASSER, R.J.; SARKAR, R.K. Submergence effects on rice genotypes during seedlings stage: Probing of submergence driven changes of photosystem 2 by chlorophyll a fluorescence induction O-J-I-P transients. **Photosynthetica**, n. 44, p. 69-75, 2006.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo - 5**. aproximação, Vitória: Seea/Incaper/Cedagro, 305 p., 2007.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C. de; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R. NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. de P. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: **Embrapa-SPI**, 64 p, 1996. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19).

SKOTNICA, J.; MATOUSKOVA M.; NAUS, J.; LAZÁR D.; DVORAK L. Thermoluminescence and fluorescence study of changes in Photosystem II photochemistry in desiccating barley leaves. **Photosynthetica**. Res., 65, 29-40, 2000.

STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. In: Mathis P (ed) Photosynthesis: from Light to Biosphere, p. 977– 980. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, The Netherlands, 1995.

STRASSER, R.J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterise and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M., Pathre, U., Mohanty, P. (Eds.), **Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation and Adaptation**. Taylor & Francis, London, UK, 25, p. 443–480, 2000.

STRASSER R.J., TSIMILLI-MICHAEL M., SRIVASTAVA A. Analysis of the fluorescence transient. In: George C., Papageorgiou C., Govindjee (eds.): Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. **Advances in Photosynthesis and Respiration Series**. Springer, Dordrecht: p.321–362. 2004.

TORRES NETO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L.. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 203 - 210, 2002.

TÓTH, S.Z. Analysis and application of the fast chl-a fluorescence (OJIP) transient complemented with simultaneous 820nm transmission measurements. 2006. **Doctoral thesis, N_ 3741, University of Geneva, Switzerland**. Available at: <http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2006/TothSZ/meta.html>

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. 3. ed. Cambridge: The MIT Press, 224p., 2000.

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

YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 36, n. 1, p. 3-15, 1996.

ZANELLA, F; SONCELA, R; LIMA, ALS. Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” som níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n.5, p.880-884, 2006.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos no presente trabalho possibilitaram a elaboração de três artigos científicos.

Para cada artigo, a formatação segue as normas de publicação exigidas pelo periódico para o qual será submetido.

4.1 – EFEITOS DO ESTRESSE DO TRANSPLANTIO SOBRE A EFICIÊNCIA FOTOSINTÉTICA DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO

TRANSPLANTATION STRESS EFFECTS ON THE PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY OF PASSION FRUIT GENOTYPES

[Submetido à publicação no periódico Semina (ISSN: 1679-0359), Londrina – Paraná, 2009]

Sigrid Costa Valbão^(1*), Diolina Moura Silva⁽²⁾, Adelaide de F. S. da Costa⁽³⁾, Sabrina Garcia Broetto⁽¹⁾, Mônica Regina Mendes Costa⁽⁴⁾, Inorbert de Melo Lima⁽⁵⁾,

^{1*}Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) / Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras. Cep: 29075-910; Fone: (27) 4009-7609 – E-mail: sigridcosta@oi.com.br. Autor para correspondência

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) / Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

²Professor Associado, DSc., Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) / Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

³Pesquisador, DSc. em Fitotecnia, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper;

⁴Pesquisadora Laboratório de Ecofisiologia Vegetal – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

⁵Pesquisador, MSc. em Produção Vegetal, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper;

RESUMO – O estudo da emissão da fluorescência da clorofila *a* é uma ferramenta que vem sendo amplamente utilizada no estudo do aparato fotossintético da planta, pois permite avaliar, de maneira dinâmica, as reações primárias da fotossíntese e indicar o desempenho fotoquímico da planta *in vivo*. Estresses ambientais restringem o crescimento e a produtividade do maracujazeiro, estando diretamente relacionados ao bom funcionamento do aparato fotossintético da planta. Baseando-se nessas evidências, este trabalho teve como objetivo investigar o estresse causado às mudas de maracujazeiro desenvolvidas em viveiro e transplantadas para o campo, utilizando como recurso a cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a*. As medidas foram realizadas

em mudas de três genótipos do maracujazeiro (Maguary, Yellow Master e um híbrido com casca arroxeadada que busca as exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, neste trabalho chamado de ‘genótipo teste’ – GT). A cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foi realizada em mudas aclimatadas em viveiro protegido com sombrite de 50% de luminosidade e em mudas após cinco dias do plantio no campo. Os resultados mostraram que os três genótipos foram mais eficientes fotoquimicamente sob condições de viveiro. Em campo, o genótipo GT apresentou menores valores de ET_0/TR_0 que representa a probabilidade do elétron seguir na cadeia transportadora e, conseqüentemente, menores valores no Índice de Performance (P.I.). Os genótipos Maguary e Yellow Master suportaram mais as condições adversas do transplântio do que o genótipo roxo, apresentando maiores valores no rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_v/F_0), e em ET_0/TR_0 , o que contribui para um P.I. mais elevado, se mostrando mais tolerantes após transplântio.

Palavras-chave: Fluorescência da clorofila *a*, maracujá, Índice de Performance, estresse de mudas.

ABSTRACT - The study of the chlorophyll *a* fluorescence emission is the tool that is being thoroughly used in the analysis of the photosynthetic apparatus of the plant, because it permits to measure, in a dynamic method, the primary photosynthesis reactions and to specify the plant *in vivo* photochemical performance. Environmental stresses restrict the growing process and the productivity of the passion fruit, being directly linked with the photosynthetic function apparatus of the plant. Based in those evidences, this work has the objective to investigate the stress caused by the transplantation to field of passion fruit scion developed in arboretum, using the chlorophyll *a* fluorescence emission kinetics as the resource basis. The measurements were realized in three genotypes scions of Fruit-of-Passion tree (Maguary, Yellow Master and a hybrid with a purplish skin that is suitable for the *in nature* fruits exportation marketing, in this work it

is called test genotype – GT). The chlorophyll *a* fluorescence emission kinetics was realized in a 50% luminosity nursery protected and after five days of the seedlings planted in field. The results showed that in a photochemical rate, the three genotypes were more efficient on conditions found in the nursery. In the field, the GT genotype had lower values of ET_0/TR_0 representing the probability that the electron follows the chain carrier, and therefore lower values in the Performance Index (P.I.). The Maguary and Yellow Master genotypes resisted better to the unfavorable conditions of the transplantation than the purple fruit genotype, presenting larger effective conversion of energy quantum output (F_V/F_0), and in ET_0/TR_0 , what contributed to a higher P.I., which showed that those genotypes are more tolerant to the transplantation.

Key words: Chlorophyll *a* fluorescence, Passion fruit, Performance Index, Stress seedlings.

Introdução

A área de maracujá cultivada no Brasil (seja azedo ou doce) passou de 25.390 hectares, em 1990, para 45.327, em 2006, o que representa aumento de 78%, colocando o País como o primeiro produtor mundial, ocupando esta posição há mais de 16 anos.

No Brasil, o principal produtor é o estado da Bahia, seguido pelos estados do Ceará, Espírito Santo, Pará e Minas Gerais (IBGE, 2006). No Espírito Santo, estado que apresenta excelentes condições para o cultivo comercial de diversas espécies frutícolas, a cultura do maracujá tem grande importância econômica e social, gerando em torno de seis empregos por hectare cultivado (COSTA; COSTA, 2005).

É muito comum a prática de formação de mudas de maracujazeiro em viveiros com sombreamento por um determinado período que antecede o transplante para o campo (MELETTI, 1994). Dessa forma, a adaptação das plantas ao ambiente de luz depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja bem utilizada,

refletindo no crescimento global da planta. Já que a relação quantitativa entre fotossíntese e produtividade vegetal é muito estreita (ROMANO, 2001), a eficiência do crescimento pode estar relacionada com a habilidade de aclimação das plântulas e com a luminosidade (FANTI; PEREZ, 2003).

Em *Citrus*, Medina et al. (2002) observaram que plantas aclimatadas em casas de vegetação, ao serem transplantadas para o campo, passam por um estresse inevitável, e que as condições ambientais interferiram diretamente na emissão da fluorescência da clorofila *a*. Segundo os autores, o excesso de radiação solar causou uma elevação na temperatura da folha e o fechamento parcial dos estômatos, acarretando fotoinibição transiente da fotossíntese e menor eficiência no uso da água.

Além disso, é sabido que a produção do maracujazeiro é limitada a certas épocas do ano e que a frutificação pode ser afetada por mudanças na temperatura, fotoperíodo, radiação solar e precipitação pluvial (MENZEL; SIMPSON, 1994). Todavia, existe uma carência de estudos sobre as taxas fotossintéticas e as relações fonte-dreno em plantas de maracujá expostas a estresses ambientais (FALEIRO et al., 2005).

Segundo Maxwell e Johnson (2000) a fluorescência da clorofila *a* é uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas da planta sob estresse e, reduções na dissipação da energia pelo processo fotoquímico, geralmente, resultam em aumentos na emissão da fluorescência da clorofila *a* pelo fotossistema II (FSII).

Usar a cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* como ferramenta para avaliar a interação planta-ambiente possibilita um maior conhecimento sobre a eficiência fotoquímica das plantas no estágio inicial do desenvolvimento pois a técnica transmite informações importantes sobre o estado fisiológico do vegetal e sobre os danos causados no aparato fotossintético, por diversas causas de estresses (TORRES NETO et al., 2002), além de ser uma ferramenta passível de utilização para comparar genótipos (CAMPOSTRINI; MAESTRI, 1998).

Este trabalho teve como objetivo analisar a cinética de indução da fluorescência da clorofila *a* foi usada como ferramenta para estudar a modulação da fotossíntese de mudas de três genótipos de maracujazeiro em condições de viveiro com sombrite (50% de luminosidade) e após o transplântio para o campo, considerado uma condição de estresse.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em campo experimental da Fazenda Experimental Sooretama, base física do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), região nordeste do estado do Espírito Santo (altitude de 75 m, longitude - 40,079 W, latitude - 19,114 S) (IBGE, 2006).

Foram avaliados três genótipos do maracujazeiro: Maguary (maracujá azedo FB 100), Yellow Master (maracujá-azedo FB 200) e um híbrido do maracujá de casca arroxeadada que está sendo avaliado em programa de melhoramento da Flora Brasil, buscando o atendimento às exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, aqui denominado ‘Genótipo teste’ (GT). Todas as sementes foram fornecidas pela empresa “Flora Brasil – Sementes e Mudas”. As mudas foram produzidas em tubetes irrigados por meio de micro aspersão, em condições de viveiro com tela anti-afídica e aclimatadas em viveiro com sombrite (50% de luminosidade).

O transplântio ocorreu, aproximadamente, aos 70 dias após a semeadura, quando as plântulas apresentavam aproximadamente 20 cm de altura, sendo plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, sob espaçamento de 3 x 3 m (1.111 plantas/ha).

Os dados meteorológicos dos dias anteriores às medidas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados meteorológicos dos dias anteriores às análises de fluorescência da clorofila *a* em viveiro (A) e em campo (B). T_{Max} =Temperatura Máxima; T_{Min} = Temperatura Mínima; AT=Amplitude Térmica; $T_{Média}$ =Temperatura Média; UR=Umidade Relativa; PPT=Precipitação.

Período	T_{Max} (°C)	T_{Min} (°C)	AT (°C)	$T_{Média}$ (°C)	UR (%)	PPT (mm)
A	30,0	14,5	15,5	22,1	71,6	0,0
B	29,0	14,0	15,0	19,9	73,8	1,0

Fonte: Boletim Agroclimático de Sooretama, Estação Meteorológica do INMET no Incaper/Sooretama-ES.

As medidas da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas quando as mudas ainda se encontravam em viveiro (julho-2007) e após cinco dias do transplante (setembro-2007), quando as mudas apresentavam aproximadamente 80 dias, utilizando-se um fluorômetro portátil Handy PEA (Plant Efficiency Analyzer, Hanstech, King's Lynn, Norfolk, UK). Todas as medidas foram realizadas na segunda folha do ápice para a base, em folhas jovens, totalmente expandidas. A cinética de emissão da fluorescência da clorofila *a* foi induzida por um pulso de luz saturante, em folhas previamente adaptadas ao escuro por um período de 30 minutos. Os dados obtidos foram tabulados pelo software PEA Plus que extrai os valores da fluorescência transiente: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_M), fluorescência variável (F_V) e a rendimento quântico máximo potencial do FSII expresso pela razão F_V/F_M . A fluorescência transiente da clorofila *a* foi analisada de acordo com o teste JIP. A partir da curva OJIP foram calculados e derivados uma variedade de parâmetros (STRASSER et al., 2000; 2004) (Tabela 2). Estes parâmetros fornecem informações estruturais e funcionais do FSII (ABS/RC ; TR_0/RC ; ET_0/RC ; DI_0/RC ; ET_0/TR_0 e RC/CS_0), rendimento quântico (F_V/F_M e F_V/F_0) e índice de "vitalidade" da planta (P.I.). permitindo quantificar o comportamento do FSII nos diferentes períodos avaliados.

Os dados obtidos nas análises da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram submetidos à estatística descritiva, considerando que estas medidas não seguem a distribuição normal ou Gaussiana (LAZAR, 2006).

Os valores foram normalizados utilizando-se Log10 e as médias dos parâmetros dos três genótipos foram chamadas de controle.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial (3 x 2), em 12 repetições (12 folhas), sendo três genótipos e dois períodos de coleta.

Tabela 2 – Sumário dos dados técnicos da curva O-J-I-P e dos parâmetros selecionados e sua descrição, usando os dados do teste JIP extraídos da fluorescência transiente da clorofila *a*.

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
F_0	Fluorescência inicial (fluorescência mínima). Intensidade da fluorescência aos 50 μ s obtidas em amostras adaptadas ao escuro. É considerada como a intensidade da fluorescência quando todos os RCs do FSII estão abertos, isto é ou quando Q_A está totalmente oxidada.
F_M	Fluorescência máxima. Intensidade máxima da fluorescência, obtida após 300 ms, considerada como a intensidade da fluorescência quando todos os RCs do FSII estão fechados e o acceptor Q_A esta completamente reduzido.
F_V/F_M	Rendimento quântico máximo potencial do FSII. Eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação do FSII abertos representando $\phi_{P0} = 1 - (F_0/F_M) = TR_0/ABS$
ABS/RC	Fluxo de fótons absorvidos por centros de reação.
TR_0/RC	Fluxo de energia de excitação efetivamente capturada pelo centro de reação.
ET_0/RC	Fluxo de energia que foi efetivamente destinada ao transporte de elétrons pelo centro de reação o que resultará na reoxidação das Q_A reduzidas
DI_0/RC	Dissipação de energia de excitação do centro de reação ativo
RC/CS_0	Densidade de Centros de Reação ativos do FSII
F_V/F_0	Rendimento quântico máximo efetivo de conversão de energia
ET_0/TR_0	Probabilidade (no tempo zero) de um excitron capturado pelo RC do FSII, mover um elétron na cadeia de transporte para além de Q_A^-
PI	Índice de desempenho. É o produto de três parâmetros independentes: RC/ABS , ϕ_{P0} e ψ_{P0} e é considerado um indicador da vitalidade da amostra, ou seja, a densidade de centros de reação expressos com base na absorção (RC/ABS), o rendimento quântico máximo potencial do FSII ($\phi_{P0} = TR_0/ABS$) e a habilidade de transferência de elétrons, na cadeia transportadora, entre o FSII e FSI ($\psi_{P0} = ET_0/TR_0$)

Resultados e Discussão

Como as medidas foram realizadas nas primeiras horas da manhã, considerou-se que as condições climáticas do dia anterior refletiam diretamente nas respostas obtidas no dia da coleta (Tabela 1).

Os dados apresentados na Tabela 1, para as plântulas ainda em viveiro protegido (período **A**), pouco interferiram nas respostas das mudas, visto que as mesmas estavam submetidas a condições monitoradas. Mesmo assim, observando-se a temperatura do ambiente nos dias anteriores às análises em viveiro, nota-se que a temperatura máxima (T_{Max}) encontrava-se acima daquela recomendada para a cultura do maracujazeiro. Para um bom desenvolvimento do maracujazeiro, a faixa de temperatura considerada ótima situa-se em torno de 23°C a 25°C (TODA FRUTA, 2008). No entanto, no período **A** pode-se notar temperatura máxima atingindo 30 °C.

A umidade relativa (UR%) do ar também se encontrava acima do recomendado para a cultura do maracujazeiro no período **a** (viveiro - Tabela 1). Fora do viveiro a umidade chegou a 71,6%. Segundo Zanella et al. (2006), mudas de maracujazeiro suportam bem umidades mais altas (em torno de 85%). Sob condições de irrigação intermitente, a umidade relativa era mais elevada do que no ambiente externo. Porém, o aparecimento de doenças não foi estimulado devido às condições ambientais controladas (temperatura e luminosidade).

Além de temperatura e umidade relativa ideais, a precipitação adequada tem um importante papel no desenvolvimento vegetativo do maracujá. A cultura do maracujazeiro necessita de aproximadamente 60 mm a 120 mm de água por mês, o que corresponde a 2 – 4mm/dia (TODA FRUTA, 2008). Apesar das mudas no período **A** (viveiro) estarem sob irrigação controlada, a falta de precipitação (PPT) interfere diretamente em uma menor umidade relativa do ar no meio externo neste período (71,6%).

No período **B** (campo – tabela 1), a temperatura máxima (T_{Max}) chegou aos 29 °C, valor também elevado para a cultura do maracujazeiro. A umidade relativa (UR) também estava acima do recomendado (73,8%) devido à irrigação localizada, já que a média de precipitação (PPT) de 0,1 mm, foi baixa.

Na Figura 1A, observa-se que as plantas do genótipo teste (GT) sob condições de viveiro, apresentaram a fluorescência inicial (F_0) menor do que a média (tomada como referência e igual à unidade). A fluorescência máxima (F_M) e o rendimento quântico máximo potencial do fotossistema II (F_V/F_M) foram maiores do que a média. Para estes parâmetros, as cv. FB 100 e FB 200 apresentaram respostas semelhantes entre si, a F_0 apresentou-se maior do que a média enquanto que a F_M e a relação F_V/F_M foram menores do que a média. Estes resultados mostram uma menor eficiência fotoquímica destas duas cultivares ao início do desenvolvimento vegetativo ou um estresse fotoinibitório, mesmo estando em ambiente protegido, com boa disponibilidade de água, alta umidade relativa e com somente 50% de radiação no ambiente.

Essa proposição pode ser comprovada associando-se esses resultados aos parâmetros biofísicos extraídos da análise do fluxo de elétrons descritos por Strasser e Strasser (1995). Em viveiro (Figura 1A), a cv. FB 100 foi caracterizada por apresentar maior densidade de fótons absorvidos por centro de reação do FSII (ABS/RC) e maior captura dessa energia radiante (TR_0/RC). Porém, esse genótipo também apresentou menor taxa de transporte dos elétrons por centro de reação (ET_0/RC) e a dissipação de energia radiante (DI_0/RC) foi muito grande, fato explicável quando se considera que havia uma menor quantidade de centros de reação ativos por seção transversal (RC/CS_0). Como consequência houve um menor rendimento quântico efetivo da conversão de energia radiante (F_V/F_0) e menor probabilidade do elétron excitado seguir na cadeia transportadora (ET_0/TR_0).

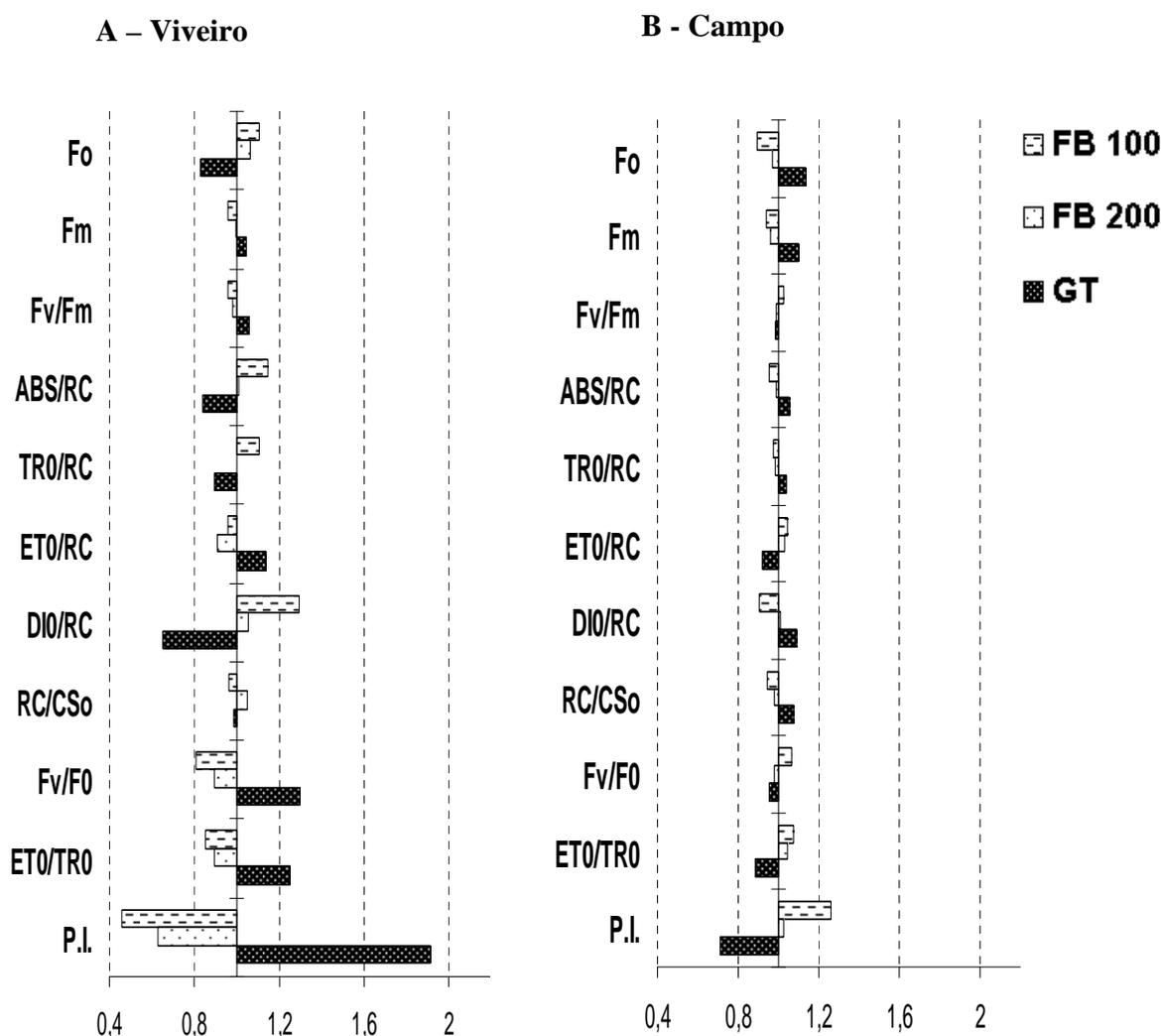


Figura 1 – Derivação dos parâmetros da curva OJIP a partir das curvas de indução da fluorescência da clorofila *a* expressos como valores relativos à média dos dados obtidos dos três genótipos, medidos em folhas jovens de plantas do maracujazeiro cultivadas em viveiro (A) e após o transplântio para o campo (B). FB 100 = Maguary, FB 200 = Yellow Master, GT = maracujá-roxo para exportação – Genótipo Teste. Os valores relativos foram calculados a partir da média das medidas dos três genótipos tomado como Referência = 1,0. (n=12)

Elevados valores na taxa de dissipação de energia por centro de reação (DI_0/RC) estão relacionados a uma energia de excitação em nível da molécula de clorofila da antena (ABS/RC) maior do que a taxa de transporte de elétrons (ET_0/RC), bem como a uma menor quantidade de centros de reações ativos por seção transversal (RC/CS_0) (Figura 1A).

Esse alto índice de dissipação da energia luminosa (DI_0/RC) na cv. FB 100, juntamente com baixos valores de ET_0/TR_0 e F_v/F_0 , levaram a uma diminuição no seu índice de desempenho (P.I.)

Portanto, pôde-se observar que em condições controladas, de viveiro, o genótipo GT apresentou maior eficiência quântica máxima potencial do FS II (F_v/F_M) e maior índice de desempenho. Também é evidente que o genótipo FB 100 apresentou um menor potencial de aproveitamento da energia de excitação no processo fotoquímico, indicado pela F_0 alta (BOLHÀR-NORDENKAMPF; ÖQUIST, 1993).

O índice de desempenho (P.I.) baseado na absorção do FSII, como indicado por STRASSER et al. (2000) e Christen et al. (2007), tem sido bastante utilizado em pesquisas de tolerância às injúrias externas sofridas pela planta por ser muito sensível e seguro (TÓTH, 2006). Segundo Strasser et al. (2000), o P.I. é o produto de três parâmetros independentes: RC/ABS , TR_0/ABS e ET_0/TR_0 e é considerado um indicador da vitalidade da amostra, ou seja, a densidade de centros de reação expressos com base na absorção (RC/ABS), o rendimento quântico máximo efetivo de conversão de energia (TR_0/ABS) e a habilidade de transferência de elétrons, na cadeia transportadora, entre o FSII e FSI (ET_0/TR_0).

Com base nas informações acima, tem-se que o genótipo GT apresentou valor elevado de P.I. em viveiro. Além de maiores valores de F_v/F_0 e ET_0/TR_0 , este genótipo apresentou maior quantidade de centros de reação ativos (RC/CS_0) e menor absorção de energia radiante por centro de reação ativo (ABS/RC) (Figura 1A).

A Figura 1B representa a cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* nas folhas das mudas de maracujazeiro já no campo, cinco dias após transplântio. Observa-se que o genótipo GT apresentou respostas contrárias àquela registradas em viveiro, assim como os demais genótipos, quando obteve elevado P.I. A modulação da eficiência fotoquímica do FSII deste genótipo em campo mostrou menor desempenho, indicado pelo menor P.I., maiores valores

de F_0 e F_M e menor rendimento quântico máximo potencial do FSII (F_V/F_M). Mesmo apresentando maior quantidade de centros de reação ativos (RC/CS_0), maior absorção (ABS/RC) e maior captura (TR_0/RC) de energia, a taxa de dissipação (DI_0/RC) dessa energia foi maior, o que acarretou um menor transporte de elétrons (ET_0/RC), sugerindo que, em campo, o genótipo GT passou por um processo de fotoinibição pós transplântio imediato.

Visto que Dias e Marengo (2006) sugerem que a fluorescência inicial (F_0) pode ser um bom indicador de estresse quando analisado em conjunto com a fluorescência máxima (F_M) e o rendimento quântico máximo potencial do fotossistema II (F_V/F_M), nota-se na Figura 1B que o genótipo FB 100 apresentou menores valores relativos de F_0 , F_M e F_V/F_M , entretanto a proximidade dos valores relativos dos três genótipos quanto ao rendimento quântico máximo potencial (F_V/F_M), reforça a opinião de vários autores sobre as dificuldades de se avaliar a eficiência fotossintética de plantas sob estresse, usando-se somente a relação F_V/F_M .

O genótipo FB 100 (maracujá-azedo Maguary) mostrou um valor mais elevado de P.I. após o transplântio, indicando uma melhor plasticidade e tolerância às condições de estresse o que explicaria a preferência de plantio e alta produtividade desta cultivar na agricultura brasileira.

Com o genótipo GT, a elevada taxa de dissipação da energia radiante (DI_0/RC) após o transplântio (Figura 1B) e a baixa eficiência no transporte de elétrons (ET_0/RC), levaram a uma diminuição significativa da sua capacidade de tolerar estresses, mostrada pelo baixo rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_V/F_0) e pelo baixo índice de desempenho (P.I.). A razão F_V/F_0 é um indicador do estado da cadeia de transporte de elétrons e sua efetividade (STRASSER; STRASSER, 1995). Portanto, a baixa probabilidade de transporte de elétrons (ET_0/TR_0) do FSII para o FSI, encontrada no genótipo GT no campo (Figura 1B), é também confirmada pelo baixo valor de F_V/F_0 , sugerindo a menor probabilidade de um elétron do aceptor Q_A reduzir o $NADP^+$.

O genótipo FB 200 não apresentou valores extremos. Essa cv. mostrou uma similaridade às respostas da cv. FB 100, e apresentou valores intermediários entre FB 100 e GT para todos os parâmetros analisados após transplântio.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem salientar que no campo, após o transplântio, o genótipo GT mesmo apresentando valores relativos de absorção de energia radiante (ABS/RC) e eficiência fotoquímica potencial (F_V/F_M) bem semelhante às cultivares já estabelecidas (FB100 e FB200), mostrou menor probabilidade de transferência de elétron na cadeia transportadora (ET_0/TR_0) levando a uma queda significativa do índice de performance (P.I.). Este resultado diverge da hipótese inicial deste trabalho onde se postulou que um bom aproveitamento da energia radiante em viveiro seria fundamental para a manutenção do vigor da muda após o transplântio.

Os fatores ambientais adversos, tais como temperatura elevada, baixa umidade relativa e baixa pluviosidade, aos quais as mudas do maracujazeiro estiveram submetidas nos cinco dias após o transplântio afetaram o funcionamento do aparelho fotossintético. Isso pôde ser detectado pelas medidas da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* demonstrando ser este um método muito eficaz para detectar as adversidades as quais a cultura foi submetida.

Trabalhos dessa natureza poderão subsidiar a seleção de genótipos capazes de superar as inevitáveis intempéries causadas pela submissão ao campo, evitando perdas das mudas durante o transplântio. Poderão subsidiar, também, o conhecimento das respostas às questões estruturais e funcionais do aparato fotossintético das plantas submetidas aos estresses do ambiente tropical.

Conclusões

- Em condições de viveiro protegido as mudas do genótipos GT apresentaram maior eficiência quântica máxima potencial do FS II (F_v/F_M) e maior índice de desempenho (P.I.);
- O genótipo FB 100 mostrou menor rendimento quântico efetivo da conversão de energia radiante (F_v/F_0) quando em viveiro mesmo tendo apresentado maior densidade de fótons absorvidos por centro de reação (ABS/RC) e maior captura dessa energia radiante (TR_0/RC). Porém, a taxa de dissipação de energia radiante (DI_0/RC) foi muito grande, fato que comprometeu a “vitalidade” (P.I.) das mudas;
- Após o transplântio o genótipo GT mostrou elevada taxa de dissipação da energia radiante (DI_0/RC) e como consequência baixa eficiência no transporte de elétrons (ET_0/RC) o que poderia indicar sua pequena capacidade de tolerar estresses, fato confirmado pelo baixo rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_v/F_0) e pelo baixo índice de desempenho (P.I.);
- As condições adversas após o transplântio foram facilmente superadas pelas mudas do genótipo FB 100 que apresentou valores relativos de P.I. maiores do que a média indicando sua maior plasticidade;
- O genótipo FB 200 não apresentou valores extremos, mostrando uma similaridade às respostas da cv. FB 100, e apresentou valores intermediários entre FB 100 e GT para todos os parâmetros analisados após transplântio.
- A fluorescência da clorofila *a* mostrou ser um método eficaz na detecção de algumas injúrias ambientais (variações de temperatura, umidade e luminosidadeas) nas quais as mudas do maracujazeiro foram submetida após o transplântio.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), por toda a contribuição.

Referências

- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. e ÖQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: HALL, D.O. et al. **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. London: Chapman & Hall. Cap.12, p. 193-206, 1993.
- CAMPOSTRINI, E.; MAESTRI, M. Photosynthetic potential of five genotypes of *Coffea canephora* Pierre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v. 10, n. 1, p. 13 - 18, 1998.
- CHRISTEN, D.; SCHÖNMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R. J.; D'EFAGO, G. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. **Environmental and Experimental Botany**. n.60, p.504–514, 2007.
- COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da. (Eds.) **Tecnologias para a produção de maracujá**. Vitória: Incaper, 205 p., 2005.
- DIAS, D.P.; MARENCO, R.A. Photoinhibition of photosynthesis in *Minuartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* inferred by monitoring the initial fluorescence. **Photosynthetica**, v. 44, n. 2, p. 235-240, 2006.
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Germoplasma de Melhoramento Genético. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, DF, 677 p., 2005.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenantha pavonina* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2003.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>. Acesso em abril de 2008.

LAZAR, D. The polyphasic chlorophyll *a* fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. **Functional Plant Biology**. V. 33, n. 1, p. 9-30, 2006.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MEDINA, C.L.; SOUZA, R.P.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, J.A.B. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. **Scientia Horticulturae**, v.96, p.115-125, 2002.

MELETTI, L. M. M. Maracujá: a qualidade da muda é essencial. **O Agrônomo**, Campinas, v. 46, n. 1/3, p. 9-12, 1994.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R. Passionfruit. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology crops: volume II: sub-tropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press. p. 225-241, 1994.

ROMANO, M.R. **Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L) que expressão o gene *Lhcb1*2* de ervilha**. 2001. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. In: Mathis P (ed) *Photosynthesis: from Light to Biosphere*, p. 977– 980. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, The Netherlands, 1995.

STRASSER, R.J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterise and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M., Pathre, U., Mohanty, P. (Eds.), **Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation and Adaptation**. Taylor & Francis, London, UK, 25, p. 443–480, 2000.

STRASSER R.J., TSIMILLI-MICHAEL M., SRIVASTAVA A. Analysis of the fluorescence transient. In: George C., Papageorgiou C., Govindjee (eds.): *Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. **Advances in Photosynthesis and Respiration Series**. Springer, Dordrecht: p.321–362. 2004.

TODA FRUTA. **Informações Sobre A Cultura Do Maracujá Amarelo**. Disponível em: http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=15777> Acesso em 08 de dezembro de 2008.

TORRES NETO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L.. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 203 - 210, 2002.

TÓTH, S. Z. Analysis and application of the fast chl-a fluorescence (OJIP) transient complemented with simultaneous 820 nm transmission measurements. 2006. **Doctoral thesis, N_3741, University of Geneva, Switzerland..** Available at:
<http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2006/TothSZ/meta.html>

ZANELLA, F; SONCELA, R; LIMA, ALS. Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n.5, p.880-884, 2006.

4.2 – EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE TRÊS GENÓTIPOS DE MARACUJÁ EM DUAS DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF THREE PASSION FRUIT GENOTYPES IN TWO DIFFERENT DEVELOPMENT STAGES

[Submetido à publicação no periódico Horticultura Brasileira (ISSN 0102-0536), Campinas, SP, 2009]

Sigrid Costa Valbão¹, Adelaide de F. S. da Costa⁽²⁾, Diolina Moura Silva⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) / Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras. Cep: 29075-910; Fone: (27) 4009-7609 – E-mail: sigridcosta@oi.com.br, biovegetal@terra.com.br ⁽²⁾ Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper – E-mail: adelaide@incaper.es.gov.br

RESUMO – O estudo da fluorescência da clorofila *a* vem sendo muito utilizado para o diagnóstico de danos causados ao aparelho fotossintético de plantas submetidas a estresses ambientais variados, pois é rápido, eficaz e não destrutivo. O conteúdo de pigmentos fotossintetizantes é um fator ligado à eficiência fotossintética das plantas à adaptabilidade em diversos ambientes. Como a frutificação do maracujazeiro pode ser afetada por diversas mudanças ambientais, o objetivo deste trabalho foi detectar possíveis alterações no aparato fotossintético de três genótipos de maracujazeiro (Maguary, Yellow Master e um híbrido com casca arroxeadada que busca as exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, neste trabalho chamado de genótipo teste – GT) em dois períodos de desenvolvimento (1 – pós-transplântio para campo; 2 – transição da fase vegetativa para reprodutiva). Os

resultados das análises mostraram que na fase 1, a cv. FB 100 apresentou maior rendimento quântico de conversão de energia (F_V/F_0), maior probabilidade do elétron seguir na cadeia transportadora (ET_0/TR_0) e maior índice de desempenho (P.I.) do que os genótipos FB 200 e GT (genótipo teste – roxo para exportação). Na fase 2, a eficiência quântica máxima do fotossistema II (FSII) (F_V/F_M) e a absorção, captura e transporte da energia radiante (ABS/RC ; TR_0/RC e ET_0/RC , respectivamente) foram parecidos nos três genótipos, porém, GT se destacou ao apresentar maiores F_V/F_0 e P.I. Os teores de pigmentos pouco interferiram nas respostas à fluorescência da clorofila *a*. Exceto para o genótipo GT, que apresentou valores da razão clorofila total/carotenóides estatisticamente maiores do que os outros genótipos ao passar da fase vegetativa para a reprodutiva, mostrando que a maior proporção de clorofila total pode estar diretamente relacionada ao maior índice de desempenho (P.I.) do genótipo nesta fase. A cv. FB 200 apresentou valores próximos à média em todas as análises, e os resultados mostraram que os três genótipos apresentam, cada um a seu tempo, uma plasticidade e capacidade de aclimação assim que as condições adversas aos quais estão submetidos diminuem.

Palavras-chave: *Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa Degener*, *Passiflora edulis Sims.*, fluorescência da clorofila *a*, JIP-test.

ABSTRACT – The study of the chlorophyll *a* fluorescence is being used in many ways to produce diagnostics of the damages caused on the photosynthetic apparatus of a variety of environmental stress that plants are submitted, since it is fast, has efficacy and it is not destructive. The photosynthetic pigments content is a factor that is linked to the photosynthetic efficiency of plants to their adaptability in various environments. As the passion fruit plant fructification can be affected by several environmental changes, this work's objective was to detect possible photosynthetic apparatus modify in three passion

fruit plant genotypes (Maguary, Yellow Master and a hybrid with a purplish skin that is suitable for the *in nature* fruits exportation marketing, in this work it is called test genotype – GT) in two transition periods (1 – post-transplanting for field; 2 – vegetative stage to reproductive stage transition). The analysis results showed that in stage 1, the cv. FB 100 presented larger effective conversion of energy quantum output (F_V/F_0), a higher probability to move an electron to keep in the chamber transport and a higher performance index (P.I) than the FB 200 and GT (test genotype – exportation purplish passion fruit). In stage 2, the maximum quantum efficiency of photosystem II (FSII) (F_V/F_M) and absorption, capture and transport of the radiant energy (ABS/RC; TR_0/RC and ET_0/RC , respectively) were similar in the three genotypes, although, GT had prominence when presented higher F_V/F_0 and P.I. rates. The pigments contents do not interfered over the answer to the chlorophyll *a* fluorescence. Except to the GT genotype, that presented rates on the amount of total chlorophyll/carotenoid statistically higher than in the other two genotypes when passing from the vegetative stage through the reproductive stage, showing that the total chlorophyll production can be directly bounded to the higher performance index (P.I.) of the genotype in this stage. The cv. FB 200 showed rates closer to the medium values presented through all the analysis, and the results showed that the three genotypes presented, each one in a different moment in time, a plasticity and acclimation capacity when the adverse conditions that what they are submitted to decrease.

Keywords: *Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa* Degener, *Passiflora edulis Sims.*, chlorophyll *a* fluorescence, JIP-test.

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos campos de atividades que compõem a agricultura, a fruticultura assume um importante papel alimentar, social e econômico. Na alimentação, a produção de frutos possui um papel preponderante por serem estas fontes de vitaminas, minerais e fibra dietética; no social, o cultivo de frutas demanda menor investimento para criação de empregos, quando comparada à indústria; e no econômico, a fruticultura tem sido importante para promoção de exportações de frutas naturais e processadas (Silva, 2001).

O maracujazeiro está entre as fruteiras tropicais com alto potencial de cultivo no Brasil, e sua cultura apresenta a cada ano grande expansão, proporcionando popularização no mercado interno para atender aos diferentes segmentos de consumo (Rossi, 1998).

Diversos estudos têm demonstrado que a frutificação do maracujazeiro é afetada por mudanças na temperatura, pelo fotoperíodo, pela intensidade de radiação solar e pelos diversos índices de precipitação pluvial, porém estudos mais aprofundados do efeito dos estresses ambientais sobre as taxas fotossintéticas e as relações fonte-dreno das plantas são ainda escassos (Menzel & Simpson, 1994; Faleiro *et al.*, 2005).

Praticamente todo o carbono acumulado na planta é oriundo da fotossíntese. Por isso, alterações na taxa fotossintética afetam o crescimento e a produtividade do vegetal (Machado *et al.*, 2006). A luz absorvida pelas moléculas de clorofila pode ser utilizada nas reações fotoquímicas, ser dissipada como calor ou reemitida num comprimento de onda maior do que o absorvido (fluorescência). Estes três processos competem entre si, de modo que o aumento da eficiência de um acarreta a diminuição dos outros (Machado *et al.*, 2006).

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade ao ambiente é o conteúdo de clorofila e carotenóides (Ferraz & Silva, 2001). O pigmento que participa diretamente da transferência de elétrons é a clorofila *a* (P680 e P700), enquanto a clorofila *b* e os carotenóides, os quais têm função de fotoproteção, têm uma atuação indireta transferindo energia à clorofila *a*, componente do centro de reação (Tessmer *et al.*, 2006).

A cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* é um método que permite analisar quantitativa e qualitativamente a absorção e aproveitamento da energia luminosa através do fotossistema II (FSII) nos diferentes estádios do desenvolvimento do vegetal (Netto *et al.*, 2005). Strasser & Strasser (1995) desenvolveram um teste capaz de detectar e quantificar alterações no fluxo de energia através do fotossistema II (FSII) que facilita a

interpretação das respostas fisiológicas ao estresse. O teste JIP permite investigar *in vivo* a vitalidade dos vegetais e a ‘adaptabilidade’ da maquinaria fotossintética a diferentes situações de estresse as quais a planta é submetida, podendo ser relacionado com a produtividade da cultura (Tóth, 2006).

Segundo Bergamaschi (2004) o estudo do desenvolvimento de uma planta é morfológico e fenológico, enquanto que o crescimento é geralmente fisiológico e ecológico. Logo, os estádios fenológicos surgiram pela necessidade de detalhar de maneira clara e objetiva as etapas de desenvolvimento do material vegetal. Considerando que o estágio de desenvolvimento e o estado fisiológico das plantas podem ser conhecidos usando medidas da atividade fotossintética, a cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* pode fornecer um diagnóstico rápido e eficaz dos possíveis danos causados ao aparelho fotossintético em resposta a estresses ambientais variados (Percival, 2005). Usar a cinética de emissão da fluorescência para diagnosticar precocemente essas possíveis adversidades é extremamente vantajoso e cada vez mais cobijado pela agricultura.

Em fruteiras tropicais, especialmente o maracujá, o uso da fluorescência da clorofila *a* para medidas da atividade do fotossistema II é ainda escasso. Por isso, o presente trabalho analisou características da cinética de emissão de fluorescência da clorofila *a* durante dois períodos de desenvolvimento (após o transplântio de mudas para o campo e na transição do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo) de três genótipos de maracujazeiro no norte do estado do Espírito Santo, visando detectar possíveis alterações no aparato fotossintético dessas plantas nestes dois períodos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados três genótipos do maracujazeiro: Maguary (maracujá azedo FB 100), Yellow Master (maracujá-azedo FB 200) e um híbrido do maracujá de casca arroxeadada que está sendo avaliado em programa de melhoramento da Flora Brasil buscando o atendimento às exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, aqui denominado ‘Genótipo Teste’ (GT). Todas as sementes foram fornecidas pela empresa “Flora Brasil – Sementes e Mudas”. As mudas foram produzidas em tubetes, sob sistema de nebulização intermitente, em condições de viveiro com tela anti-afídica e aclimatadas em viveiro com sombrite (50% de luminosidade).

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), no Município de Sooretama/ES.

O transplântio ocorreu, aproximadamente, aos 70 dias após a sementeira (mudas com 2 meses e 10 dias), no mês de setembro de 2007, quando as plântulas apresentavam aproximadamente 20 cm de altura. As mudas foram plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40m, sob espaçamento de 3 x 3m (1.111 plantas/ha). A correção da acidez e a adubação do solo foram efetuadas baseando-se na análise química do solo (Prezotti *et al.* 2007).

As medidas da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas utilizando-se um fluorômetro portátil Handy PEA (Plant Efficiency Analyzer, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). Todas as medidas foram realizadas em folhas jovens, totalmente expandidas. A cinética de emissão da fluorescência da clorofila *a* foi induzida por um pulso de luz saturante, em folhas previamente adaptadas ao escuro por um período de 30 minutos. Os dados obtidos foram tabulados pelo software PEA Plus que extrai os valores da fluorescência transiente: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_M), fluorescência variável (F_V) e a rendimento quântico máximo potencial do FSII expresso pela razão F_V/F_M . A fluorescência transiente da clorofila *a* foi analisada de acordo com o teste JIP. A partir da curva OJIP foram calculados e derivados uma variedade de parâmetros (Strasser *et al.*, 2000; 2004) (Tabela 2). Estes parâmetros fornecem informações estruturais e funcionais do FSII (ABS/RC; TR_0/RC ; ET_0/RC ; DI_0/RC ; ET_0/TR_0 e RC/CS_0), rendimento quântico (F_V/F_M e F_V/F_0) e índice de "vitalidade" da planta – P.I. permitindo quantificar o comportamento do FSII nos diferentes períodos avaliados. Segundo Strasser *et al.* (2000) e Christen *et al.* (2007), o índice de desempenho (P.I), é constituído por três componentes: RC/ABS (razão que representa o número total de centros de reação ativos por absorção); F_V/F_0 (rendimento quântico efetivo de conversão de energia) e ET_0/TR_0 (probabilidade do elétron seguir na cadeia transportadora), e deve ser definido pela densidade de centros da reação (RC's) e ser associado à absorção (ABS) em nível de clorofila.

Para tanto, tem-se a equação:

$$PI = [RC/ABS].[F_V/F_0].[ET_0/TR_0/(1-ET_0/TR_0)]$$

Os parâmetros do JIP-Test analisados neste trabalho podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Sumário dos dados técnicos da curva O-J-I-P e dos parâmetros selecionados e sua descrição, usando os dados do teste JIP extraídos da fluorescência transiente da clorofila *a*. (Summary of technical data of the curve OJIP and parameters selected and their description, using the data of the JIP test derived from the of chlorophyll *a* transient fluorescence).

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
F_0	Fluorescência inicial (fluorescência mínima). Intensidade da fluorescência aos 50 μ s obtidas em amostras adaptadas ao escuro. É considerada como a intensidade da fluorescência quando todos os RCs do FSII estão abertos, isto é ou quando Q_A está totalmente oxidada.
F_M	Fluorescência máxima. Intensidade máxima da fluorescência, obtida após 300 ms, considerada como a intensidade da fluorescência quando todos os RCs do FSII estão fechados e o acceptor Q_A esta completamente reduzido.
F_V/F_M	Rendimento quântico máximo potencial do FSII. Eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação do FSII abertos representando $\phi_{P0} = 1 - (F_0/F_M) = TR_0/ABS$
ABS/RC	Fluxo de fótons absorvidos por centros de reação.
TR_0/RC	Fluxo de energia de excitação efetivamente capturada pelo centro de reação.
ET_0/RC	Fluxo de energia que foi efetivamente destinada ao transporte de elétrons pelo centro de reação o que resultará na reoxidação das QA reduzidas
DI_0/RC	Dissipação de energia de excitação do centro de reação ativo
RC/ CS_0	Densidade de Centros de Reação ativos do FSII
F_V/F_0	Rendimento quântico máximo efetivo de conversão de energia
ET_0/TR_0	Probabilidade (no tempo zero) de um excitron capturado pelo RC do FSII, mover um elétron na cadeia de transporte para além de Q_A^-
PI	Índice de desempenho. É o produto de três parâmetros independentes: RC/ABS, ϕ_{P0} e ψ_{P0} e é considerado um indicador da vitalidade da amostra, ou seja, a densidade de centros de reação expressos com base na absorção (RC/ABS), o rendimento quântico máximo potencial do FSII ($\phi_{P0} = TR_0/ABS$) e a habilidade de transferência de elétrons, na cadeia transportadora, entre o FSII e FSI ($\psi_{P0} = ET_0/TR_0$)

As análises da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas em dois diferentes estádios de desenvolvimento: 1) Após o transplântio para campo (média de três meses de aclimação – setembro, outubro e novembro de 2007) e 2) Transição do estádio vegetativo para o estádio reprodutivo (média de três meses após período de aclimação – dezembro de 2007, janeiro e fevereiro de 2008). Para a comparação dos parâmetros após o transplântio para o campo (fase de transição 1) a média dos resultados obtidos em viveiro foi tomada como o controle. Para a comparação dos parâmetros durante a transição do estádio vegetativo para o estádio reprodutivo (fase de transição 2) foi tomado como controle a média dos resultados obtidos no último mês do crescimento vegetativo. Em ambos os casos as médias foram tomadas como referência igual à unidade (Controle=1,0).

Os parâmetros que derivam o índice de vitalidade – P.I. (RC/ABS , ET_0/TR_0 e F_V/F_0) tiveram seus valores transformados em Log_{10} para normalização.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial (3 x 2), em 36 repetições, sendo três genótipos, dois estádios de desenvolvimento e 36 indivíduos.

Os dados obtidos nas análises da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram submetidos à estatística descritiva, considerando que estas medidas não seguem a distribuição normal ou Gaussiana (Lazar, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a Figura 1, pode-se notar que na fase pós transplântio para campo, a fluorescência inicial (F_0) e a fluorescência máxima (F_M) foram maiores no genótipo teste (GT). A fluorescência máxima (F_M) representa o nível máximo de fluorescência emitida pelo vegetal, enquanto que F_0 representa uma fração da energia absorvida não transmitida na cadeia transportadora (Rascher *et al.*, 2000). Logo, maiores valores de F_0 observados em GT indicam um menor potencial do aproveitamento da energia de excitação por parte deste genótipo em relação aos outros (Bolhàr-Nordenkampf & Öquist, 1993).

O rendimento quântico máximo potencial do fotossistema II (FSII) (F_V/F_M), foi semelhante entre os três genótipos e menor do que a média (quando as plantas estavam sob condições controladas de viveiro) (Figura 1). Essa variável pode ser usada como um forte

indicador de estresse, quando os fatores bióticos e abióticos afetam diretamente a funcionalidade do FSII (Dias & Marenco, 2006).

Fase Após transplântio

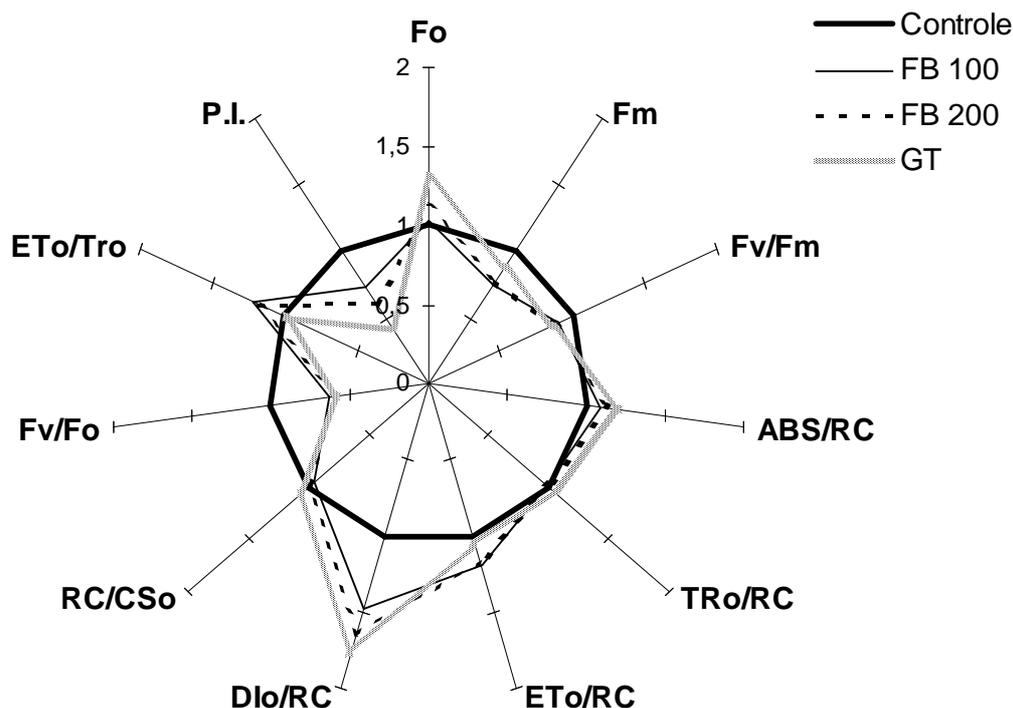


Figura 1 – Parâmetros da emissão de fluorescência medidos em folhas de três genótipos de maracujazeiro na fase de aclimação após transplântio para campo. Onde $n=36$ e Controle = 1 (média dos valores dos três genótipos em viveiro). Parameters of the fluorescence emission measured in leaves of three passion fruit plant genotypes in the acclimatization stage after transplantio for field. Where $n=36$ and Control = 1 (average of the values of the three genotypes in nursery).

A absorção (ABS/RC) e a captura de energia radiante (TR_0/RC) foram maiores no genótipo GT, assim como a perda dessa energia por dissipação (DI_0/RC). Isso acontece por que, segundo Christen *et al.* (2007), o valor da dissipação é o resultado do que foi absorvido diminuindo-se o que foi capturado ($DI_0/RC = ABS/RC - TR_0/RC$). Se GT

absorveu mais (maior ABS/RC) e capturou um pouco mais que os outros genótipos (maior TR₀/RC), conseqüentemente dissipou mais energia (menor DI₀/RC).

Mesmo apresentando maiores absorção (ABS/RC) e captura de energia radiante (TR₀/RC), os centros de reação ativos do genótipo GT transportaram uma menor quantidade de elétrons (ET₀/RC) em relação aos outros genótipos. Menor foi também rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_V/F₀), e, sua elevada dissipação (DI₀/RC) ocasionou uma redução na probabilidade de transporte desses elétrons capturados ao longo da cadeia, diminuindo, conseqüentemente o índice de desempenho (P.I.). O contrário ocorreu com a cultivar FB 100, a qual apresentou menor dissipação da energia absorvida (DI₀/RC), maiores F_V/F₀, ET₀/TR₀, portanto, maior P.I., o que sugere que FB 100 apresenta uma plasticidade maior que os demais genótipos ao passar pela aclimação após transplântio para campo (Figura 1).

Essa alta taxa de dissipação (DI₀/RC) encontrada no genótipo GT após transplântio, pode ser explicada pela maior quantidade de centro de reação ativos (RC/CS₀) e por uma baixa eficiência no transporte de elétrons na cadeia (ET₀/RC), o que leva a uma diminuição significativa da sua capacidade de tolerar estresses, mostrada pelo baixo rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_V/F₀) e pelo baixo índice de desempenho (P.I.).

Esse baixo valor de F_V/F₀ é um indicador de que a maquinaria fotossintética não está operando em sua total efetividade, mostrando que existe uma menor probabilidade de um elétron do acceptor Q_A entrar na cadeia de elétrons.

Na transição entre fase vegetativa e fase reprodutiva (Figura 2) a fluorescência inicial foi maior na cv. FB 100 e menor no GT. A fluorescência máxima (F_M), o rendimento quântico máximo potencial do FSII. (F_V/F_M), a absorção de energia radiante (ABS/RC), a captura (TR₀/RC) e o transporte dessa energia nos três genótipos, foram similares entre si e permaneceram próximos da média.

Valores similares aos descritos no período após o transplântio foram encontrados por Valbão *et al.* (2009) ao analisarem os parâmetros de fluorescência nessas mesmas plântulas 5 dias após transplântio para campo. Os resultados encontrados na fase de transição entre crescimento vegetativo e reprodutivo mostram que GT, após um período mais longo de aclimação em campo, foi capaz de reverter o quadro de 'baixo funcionamento' do aparato fotossintético assim que as condições de estresse ambiental ocasionadas pelo transplântio de casa de vegetação para campo diminuíram, resultando em um maior rendimento quântico efetivo de conversão de energia (F_V/F₀) e maior índice de

desempenho (P.I.). Isso ocorreu porque o processo de aclimatação ocasiona mudanças fisiológicas, bioquímicas e moleculares capazes de tornar algumas plantas resistentes às variações de temperatura e umidade do ar (Borovskii *et al.*, 2002).

Fase transição Cresc. Vegetativo x Reprodutivo

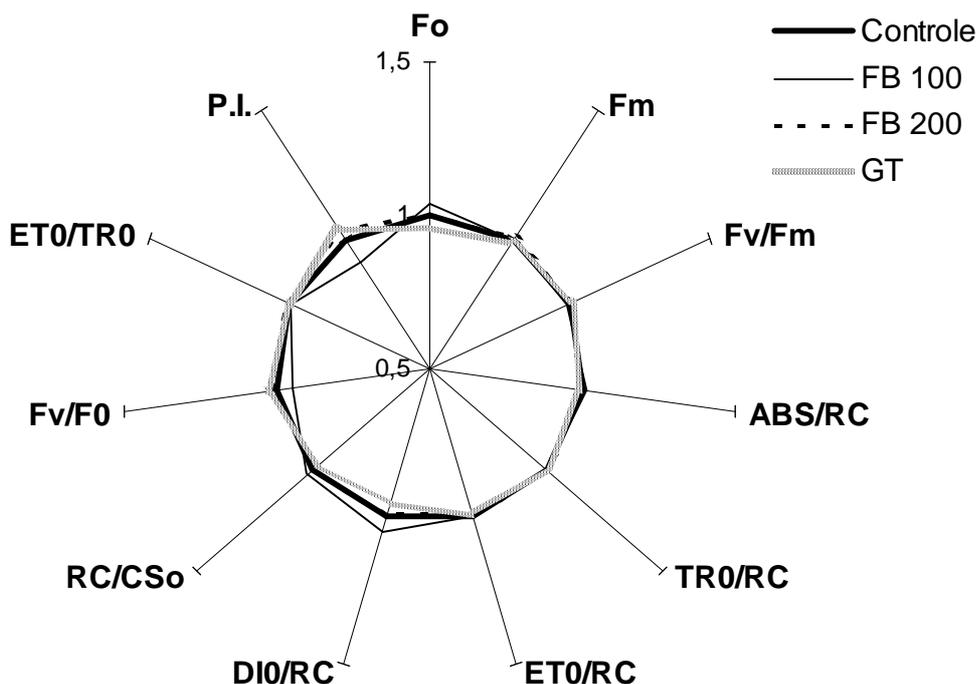


Figura 2 – Parâmetros da emissão de fluorescência medidos em folhas de três genótipos de maracujazeiro durante a transição de fase vegetativa para reprodutiva. Onde $n=36$ e Controle=1 (média dos valores dos três genótipos no último mês de crescimento vegetativo). (Parameters of the fluorescence emission measured in leaves of three passion fruit plant genotypes during the vegetative to reproductive stage transition. Where $n=36$ and Controle=1) (average of the values of the three genotypes in the last month of vegetative growth).

Por outro lado, a cv. FB 100 não mostrou boas respostas à transição da fase vegetativa para a reprodutiva, o que pode ser visualizado pela maior dissipação da energia radiante absorvida (DI_0/RC), menor eficiência quântica efetiva de conversão de energia (F_v/F_0) e menor índice de desempenho (P.I.) obtidos por este genótipo. A cultivar FB 200

não mostrou valores extremos para os parâmetros analisados, ficando todos muito próximos à média também nesta fase de desenvolvimento.

A Figura 3 mostra os três parâmetros constituintes de P.I e a relação deles com o índice de desempenho (P.I) dos três genótipos estudados (valores em log10 a partir das médias). Tomando como base que P.I. está diretamente relacionado à RC/ABS (razão que representa o número total de centros de reação ativos por absorção); F_v/F_0 (rendimento quântico efetivo de conversão de energia) e ET_0/TR_0 (probabilidade do elétron seguir na cadeia transportadora) (Christen *et al.*, 2007), e observando os valores de RC/ABS, F_v/F_0 e ET_0/TR_0 , nota-se que o menor valor de P.I. encontrado no GT após o transplântio está diretamente relacionado com tais resultados, pois seus valores para tais parâmetros foram menores do que nas cv. FB 100 e FB 200 (Figura 3A). Ao contrário, a cv. FB 100 mostrou maior probabilidade do elétron seguir na cadeia (ET_0/TR_0) e maior eficiência quântica efetiva da conversão de energia absorvida (F_v/F_0) do que GT. A densidade de centros de reação ativos por molécula de clorofila (RC/ABS) também foi maior na cv. FB 100 do que o encontrado no GT. Isso porque, na cv. FB 100, a relação entre o número de centros de reação ativos (RC/CS₀) e a absorção de energia radiante (ABS/RC) indicou maior proporcionalidade do que em GT. Mesmo este parâmetro estando maior no genótipo GT, seu índice de desempenho (P.I.) foi afetado, o que pode representar uma baixa performance.

Na Figura 3B, pode-se notar uma resposta contrária àquela observada na fase de pós-transplântio. Na fase de transição entre fase vegetativa e fase reprodutiva, GT se destaca em relação à cv. FB 100, demonstrando mais centros de reação ativos por molécula de clorofila (RC/ABS); maior probabilidade do elétron seguir na cadeia transportadora (ET_0/TR_0) e maior rendimento quântico efetivo de conversão da energia radiante (F_v/F_0).

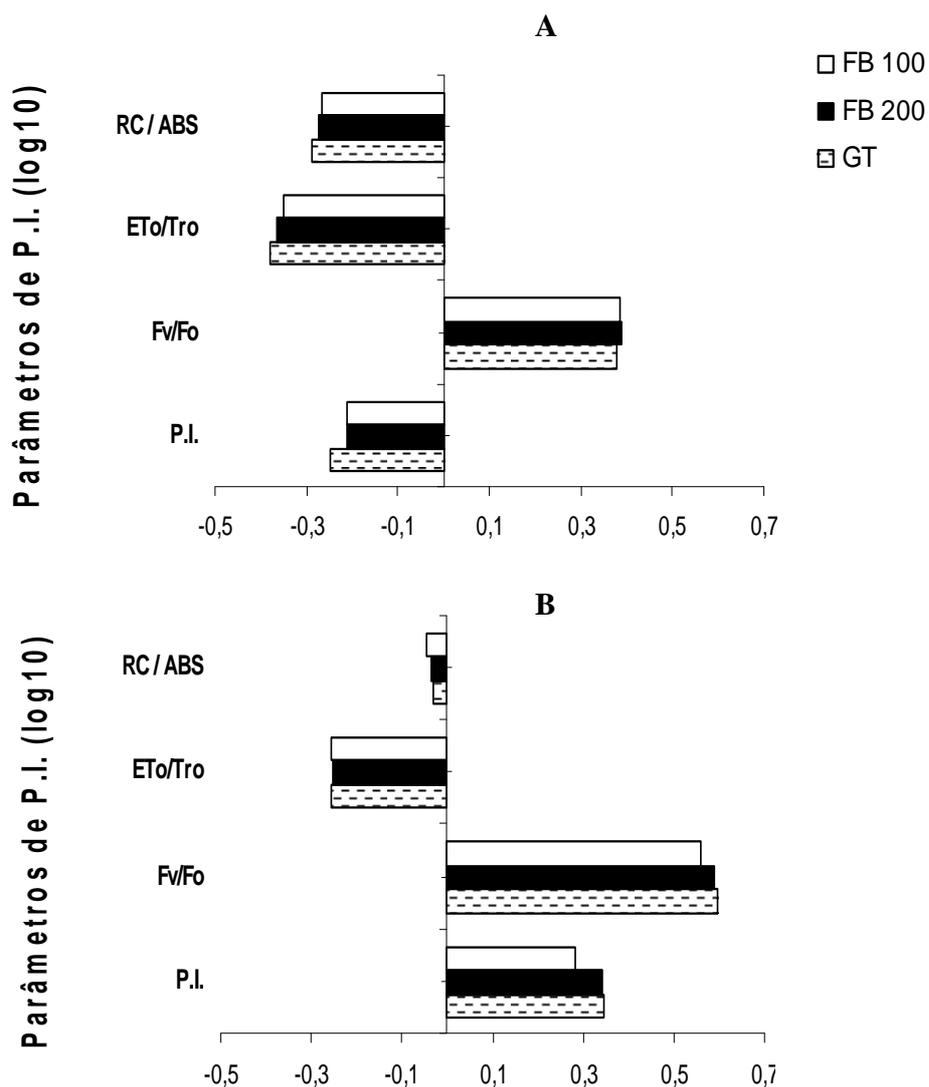


Figura 3 – Desvio dos parâmetros componentes de P.I. (RC/ABS; ET_0/TR_0 e F_v/F_M) e valores de P.I.: A) após transplântio para campo e B) transição da fase vegetativa para a reprodutiva. Onde $n=36$ (Valores convertidos em Log10 a partir da média). (Deviation of the component parameters of P.I. (RC/ABS; ET_0/TR_0 and F_v/F_M) and values of P.I.: A) after transplantio for field and B) transition from vegetative to reproductive phase. Where $n=36$ (Values converted in Log10 starting from the average).

Christen *et al.* (2007), ao trabalharem com uvas Cabernet sauvignon e Merlot, demonstraram que a redução da vitalidade (P.I.) da planta só foi influenciada pelos rendimentos F_v/F_0 e ET_0/TR_0 , e que a densidade de centro de reação ativo por molécula de

clorofila (RC/ABS) nada influenciou nos valores de P.I. No presente trabalho, os resultados demonstram que RC/ABS (quantidade de centro de reação ativo por clorofila) em maracujazeiro está diretamente relacionada ao índice de desempenho da planta (P.I.).

Analisando a Figura 4 (A, C e E), respectivamente, percebe-se que, nas plantas quando transplantadas para o campo, os teores de clorofila total ($\text{mg.g}^{-1}\text{MS}$), razão clorofila a/b e a razão clorofila/carotenóides totais foram semelhantes. Valores semelhantes de clorofila total foram encontrados por Zanella *et al.* (2006), ao trabalharem com mudas de maracujazeiro-amarelo submetidas a diferentes intensidades luminosas.

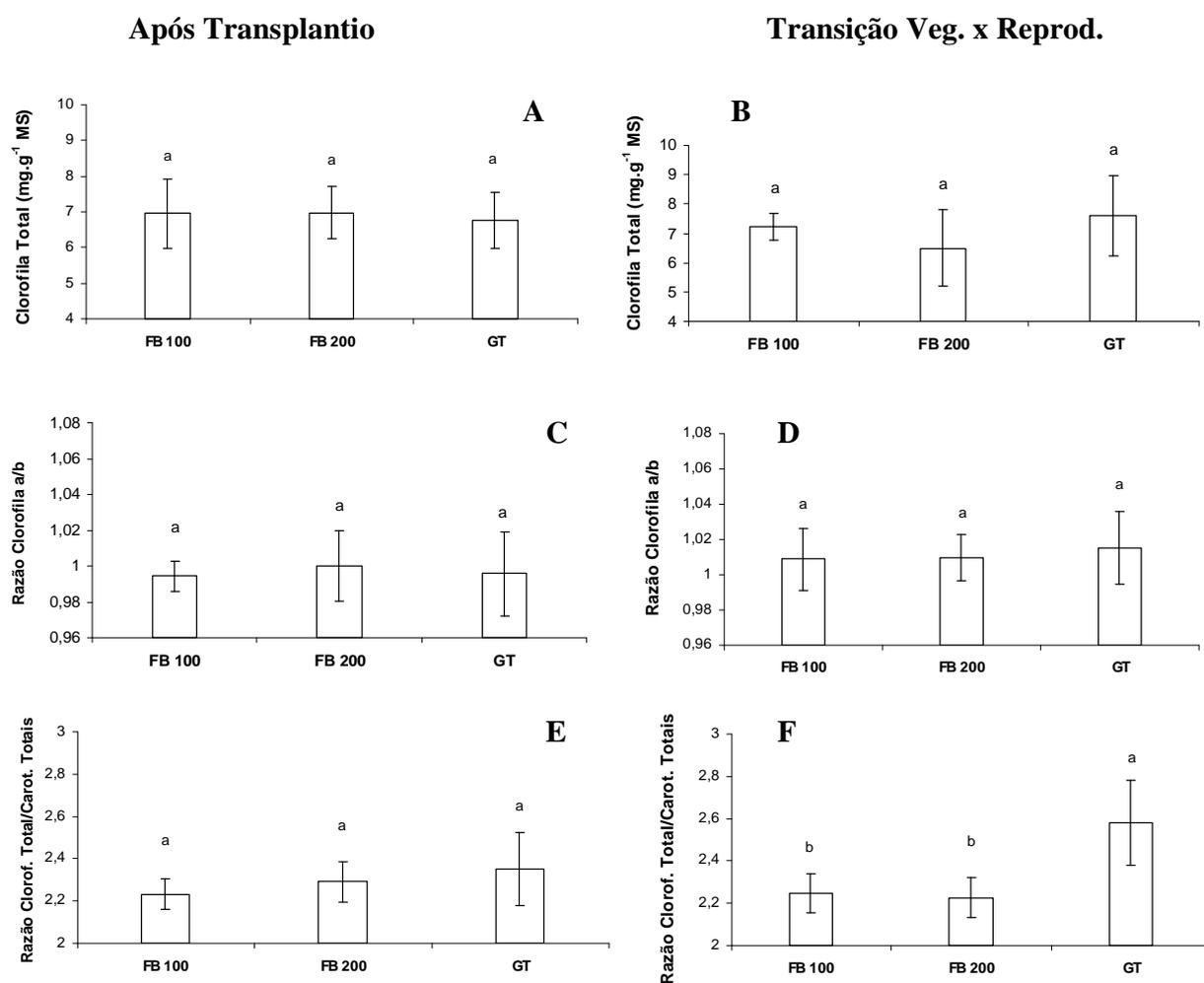


Figura 4 – Clorofila Total, razão clorofila a/b e razão clorofila total/carotenóides totais encontrados nos três genótipos de maracujazeiro após transplântio para campo e na transição do estágio vegetativo para o reprodutivo (n=12). (Total chlorophyll, ratio chlorophyll a/b and ratio total chlorophyll / total carotenóides found in the three passion fruit plant genotypes after transplântio for field and in the transition of the vegetative stadium for the reproductive (n=12).

Lichtenthaler *et al.* (1981), afirmam que clorofila *a* e clorofila *b* ocorrem na proporção de 3:1, aproximadamente. Contrariando o que foi dito pelos autores, observa-se na figura 4C que os valores de clorofilas *a* e *b* encontram-se próximos a 1:1 nos três genótipos, após o transplântio para o campo.

O teor de clorofila e carotenóides nas folhas expressa um possível dano que determinado estresse pode estar causando à planta, pois a clorose é, normalmente, um dos primeiros sintomas visíveis e está diretamente relacionado à baixa eficiência fotoquímica da planta (Hendry *et al.* 1987).

Ao trabalharem com mudas de maracujazeiro expostas a ambientes bem iluminados (com 0% e 30% de sombreamento), Zanella *et al.* (2006) encontraram valores da razão clorofila total/carotenóides totais próximos aos encontrados neste trabalho. Os genótipos GT, FB 100 e FB 200 se encontravam em campo (expostos à alta luminosidade) e os valores dessa razão na fase pós-transplântio para campo variaram de 2,1 e 2,5 mg.g⁻¹MS (Figura 4E).

Durante a transição de fase vegetativa para a reprodutiva, os teores de clorofila total e a razão clorofila a/b foram similares às observadas no pós-transplântio para campo, indicando que esses parâmetros tiveram pouca interferência na emissão da fluorescência da clorofila *a* (Figuras 2, 4B e 4D). Porém, os valores da relação clorofila total/carotenóides totais foram estatisticamente maiores em GT nessa fase de desenvolvimento, variando de 2,3 a 2,8 mg.g⁻¹MS. As cv. FB 100 e FB 200 tiveram valores variando de 2,1 a 2,3 mg.g⁻¹MS (Figura 4F).

Em algumas situações de estresse, as clorofilas totais são destruídas com maior intensidade que os carotenóides (Hendry *et al.*, 1987). Assim, a razão entre a concentração de clorofila total e a de carotenóides (Cl. Total/Carot. Totais) pode ser usada como um parâmetro sensível na avaliação de danos à planta. O baixo rendimento quântico efetivo de conversão da energia absorvida (F_v/F_0) e o baixo índice de desempenho (P.I.) observados na cv. FB 100 durante a transição da fase vegetativa para a reprodutiva podem ser justificados pelos baixos valores de clorofila total e pelos maiores valores de carotenóides obtidos (dados não mostrados). Valores reduzidos de clorofila podem ser associados ao funcionamento debilitado do complexo antena, já que a energia captada pelo complexo antena e pelas moléculas de clorofila *a* do centro de reação P₆₈₀, tende a ser encaminhada em direção ao restante do desenvolvimento do processo fotoquímico (Maxwell & Johnson, 2000; Schreiber *et al.*, 2002).

A cv. FB 200, mais uma vez apresentou valores muito próximos à média para os níveis de clorofilas e carotenóides. Este resultado sugere que FB 200 é um genótipo de fácil manejo, cujas respostas fisiológicas mostram-se positivas às mais variadas alterações ambientais.

Com base nos resultados descritos, pode-se afirmar que houve uma recuperação homogênea do aparato fotossintético dos três genótipos ao longo dos meses estudados, demonstrando que a aclimação às adversidades é um fenótipo comum aos três acessos.

CONCLUSÕES

- Com base nos parâmetros de fluorescência avaliados, o genótipo teste (GT) foi mais tolerante ao estresse ambiental na fase de transição do período vegetativo para o reprodutivo e a cv. FB 200 apresentou grande plasticidade ao apresentar valores muito próximos à média nessa mesma fase de transição.
- Os menores valores da razão clorofila total/carotenóides totais encontrados na cv. FB 100 na fase de transição do crescimento vegetativo para o reprodutivo podem ter interferido diretamente nos menores valores de F_v/F_0 e P.I., indicando um funcionamento debilitado do complexo antena dessa cultivar nesta fase.
- A fluorescência da clorofila *a* se mostrou um método altamente sensível e eficiente na detecção do estresse causado aos três genótipos de maracujazeiro nas duas fases de transição estudadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), por toda a contribuição.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H. 2004. *Fenologia* s.l.n. Disponível em:
www.ufrgs.br/agropfagrom/disciplinas/502/fenolog.doc Acessado em: 15 Jan de 2009.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, HR, ÖQUIST, G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: HALL, D.O. et al. *Photosynthesis and production in a*

- changing environment: a field and laboratory manual*. London: Chapman & Hall. p.193-206.
- BOROVSKII, GB; STUPNIKOVA, IV; ANTIPINA, AI; VOINIKOV, VK. 2002. Accumulation of dehydrins and ABA-inducible proteins in wheat seedlings during low-temperature acclimation. *Russian Journal of Plant Physiology*, p.229-234.
- CHRISTEN, D; SCHÖNMANN, S; JERMINI, M; STRASSER, RJ; D'EFAGO, G. 2007. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environmental and Experimental Botany*. 60:504–514.
- DIAS, D.P.; MARENCO, R.A. 2006. Photoinhibition of photosynthesis in *Minquartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* inferred by monitoring the initial fluorescence. *Photosynthetica*, 44(2): 235-240.
- FERRAZ, KKF; SILVA, DM. 2001. Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de espécies florestais usadas na recuperação de áreas degradadas – II. *Calliandra calothyrsus* Meisn. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8. *Resumos...* Ilhéus: SOB (CD-ROM.).
- FALEIRO, FG; JUNQUEIRA, NTV; BRAGA, MF. 2005. Germoplasma de Melhoramento Genético. *Embrapa Cerrados*, Planaltina, DF, 677p.
- HENDRY, GAF; HOUGHTON, JD; BROWN, SB. 1987. The degradation of chlorophyll – a biological enigma. *New Phytologist*, 2:255-302.
- LAZAR, D. 2006. The polyphasic chlorophyll *a* fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. *Functional Plant Biology*. V. 33, n. 1, p. 9-30.
- LICHTENTHALER, HK; BUSCHMANN, C; DÖLL, M; FIETZ, HJ; BACH, T; KOZEL, U; MEIER, D; RAHMSDORF, U. 1981. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of Sun and shade leaves. *Photosynthetica*, 2:115-141.
- MACHADO, EC; OLIVEIRA, RF; RIBEIRO, RV; MEDINA, CL; STUCHI, ES; MARIN, FR; SILVA, JAB; SILVA, SR. 2006. Fluxo de seiva e fotossíntese em laranjeira ‘natal’ com clorose variegada dos citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 6:911 – 918.

- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster, 51:659-668.
- MENZEL, CM; SIMPSON, DR. 1994. Passionfruit. In: SCHAFFER, B; ANDERSEN, PC (Ed.). *Handbook of environmental physiology crops: Sub-tropical and tropical crops*. Boca Raton: CRC Press. p. 225-241.
- NETTO, AT; CAMPOSTRINI, E; OLIVEIRA, GJ. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, p.199-209.
- PERCIVAL, GC. 2005. The use of chlorophyll fluorescence to identify chemical and environmental stress in leaf tissue of three oak (*Quercus*) species. *Journal of Arboriculture*, Canadá, 31:215-227.
- PREZOTTI, LC; GOMES, JA; DADALTO, GG; OLIVEIRA, JA de. 2007. *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo - 5*. aproximação, Vitória: Seea/Incaper/Cedagro, 305 p.
- RASCHER, U; LIEBIG, M; LÜTTGE, U. 2000. Evaluation of instant light-responses curves of chlorophyll parameters obtained with a portable chlorophyll fluorometer on site in the field. *Plant Cell and Environment*, 12:1397-1405.
- ROSSI, AD. 1998. Comercialização do maracujá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5. *Anais...* Jaboticabal.
- SCHREIBER, U.; MULLER, J. F.; HAUGGL, A., GADERMANN, R. 2002. New type of dual-channel PAM chlorophyll fluorometer for highly sensitive water toxicity biotests. *Photosynthesis Research*, 74:317-330.
- SILVA, DM. 2001. Desenvolvimento de estratégias didáticas para o ensino de Fisiologia Vegetal. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 1. *Anais...* Viçosa/MG: Agromídia - Software web e-commerce, p.495-498.
- STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. 1995. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. In: Mathis P (ed) *Photosynthesis: from Light to Biosphere*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 977-980.

- STRASSER, RJ; SRIVASTAVA, A; TSIMILLI-MICHAEL, M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterise and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M., Pathre, U., Mohanty, P. (Eds.), *Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation and Adaptation*. Taylor & Francis, London, UK, 25:443–480.
- STRASSER R.J., TSIMILLI-MICHAEL M., SRIVASTAVA A. 2004. Analysis of the fluorescence transient. In: George C., Papageorgiou C., Govindjee (eds.): Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. *Advances in Photosynthesis and Respiration Series*. Springer, Dordrecht: p.321–362.
- TESSMER, M. A. ; ZENZEN, I. L. ; NASCIMENTO, R. ; AMARANTE, L. ; COLARES, D. S. 2006. Teores de pigmentos fotossintéticos em plantas de feijão sob condições de hipoxia. In: XIV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. *Resumos... SOB* (CD-ROM.).
- TÓTH, SZ. 2006. *Analysis and application of the fast chl-a fluorescence (OJIP) transient complemented with simultaneous 820 nm transmission measurements*. N_ 3741, University of Geneva, Switzerland. Doctoral thesis. Available at: <http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2006/TothSZ/meta.html>
- VALBÃO, SC; BROETTO, SG; COSTA, MRM.; COSTA, A de F S da; SILVA, DM. 2009. Efeitos do estresse do transplante de mudas de três genótipos do maracujazeiro para o campo sobre a eficiência fotossintética: uso da fluorescência da clorofila *a*. *Semina Ciências Agrárias*. XXXXX.
- ZANELLA, F; SONCELA, R; LIMA, ALS. 2006. Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 5:880-884.

4.3 – Caracterização físico-química dos frutos de três genótipos de maracujá submetidos a diferentes manejos de solo na região norte do Espírito Santo

Physical-chemical characterization for the three genotype of the passion fruit when submitted to different soil managements in the north region of Espírito Santo

[Submetido à publicação no periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) (ISSN 0100-204X), Brasília, DF 2009]

Sigríd Costa Valbão⁽¹⁾, Sabrina Garcia Broetto⁽¹⁾, Inorbert de Melo Lima⁽²⁾, Adelaide de F. S. da Costa⁽²⁾ e Diolina Moura Silva⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) / Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras. Cep: 29075-910; Fone: (27) 4009-7609 – E-mail: sigridcosta@oi.com.br, biovegetal@terra.com.br ⁽²⁾ Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper – E-mail: inorbert@incaper.es.gov.br, adelaide@incaper.es.gov.br

Resumo – Avaliou-se o efeito de quatro diferentes manejos de solo (1: aração e gradagem; 2: aração, gradagem e subsolagem; 3: aração, gradagem e camalhão e 4: aração, gradagem, subsolagem e camalhão) sobre os sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) em frutos de três genótipos de maracujazeiro (FB 100 – Maguary; FB 200 – Yellow Master; e um híbrido com casca arroxeadada que busca as exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, neste trabalho chamado de genótipo teste – GT). O experimento foi instalado na região nordeste capixaba, na fazenda experimental do Incaper, município de Sooretama. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 4, sendo três genótipos de

maracujazeiro, quatro manejos do solo, com seis repetições. GT apresentou maiores valores de acidez titulável em relação às cv. FB 100 e FB 200 nos quatro tratamentos. O tratamento 4 foi o que proporcionou às plantas melhores respostas em relação aos parâmetros analisados. As cv. FB 100 e FB 200 tiveram, em média, maiores valores na relação SS/AT (que variou nesses genótipos de 2,8 a 3,7), indicando que esses frutos apresentam melhor sabor que GT, que apresentou valores de SS/AT em torno de 2,6, mostrando-se menos apreciável para consumo *in nature*.

Termos para indexação: Maracujazeiro, aração, gradagem, subsolagem, camalhão

Abstract – It was been availed the effect of four field management types (1= plowing and harrowing; 2= plowing, harrowing and subsoiling; 3= plowing, harrowing and ridge; 4= plowing, harrowing, subsoiling and ridged) on the soluble solids analysis (SS) and titratable acidity in fruits of three passion fruit (FB 100 – Maguary; FB 200 – Yellow Master; and a hybrid with a purplish skin that is suitable for the *in nature* fruits exportation marketing, in this work it is called test genotype – GT). The experiment was installed in the north region of Espírito Santo, the Incaper experimental farm, in Sooretama Municipal District. It was used out complete block design factorial 3 x 4, being three passion fruit genotypes, four field managements, with six repetitions. The GT variety presented higher titratable acidity rates in relation to cv. FB 100 and FB 200 in the four treatments. The fourth treatment was the one that produced in the plants better rates in the parameters that were analyzed. The cv. FB 100 e FB 200 were, commonly, with higher rates in the SS/AT relation (which varies in this genotypes from 2,8 to 3,7), indicating that these fruits presented better taste than GT, which presented SS/AT rates about 2,6, showing that is less attractive to *in nature* consume.

Índex Terms: Passion fruit, plowing, harrowing, subsoiling and ridge

Introdução

O maracujá pertence à família Passifloraceae, sendo que o maracujá-azedo ou maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Degener) e o maracujá-roxo (*Passiflora edulis* Sims. *edulis*) são as espécies mais cultivadas para fins econômicos no mundo (MELLETTI, 2003).

Na década de 70, a comercialização do maracujá baseava-se apenas no mercado *in natura*. Com o passar dos anos, as indústrias extratoras de suco estimularam a expansão do mercado para o produto industrializado e a cultura se expandiu pelas regiões Sudeste e Nordeste do País (CANÇADO JÚNIOR et al., 2000), tornando-se uma ótima alternativa para os pequenos proprietários rurais, colaborando com a valorização da agricultura familiar e propiciando uma melhoria das condições sócio-econômicas dessa parcela da população (CORREA, 2004).

Tanto o maracujá-amarelo quanto o maracujá-roxo, após o processamento, são comercializados na forma de suco concentrado a 50° Brix ou natural a 14° Brix (mais utilizado para comercialização no mercado interno) (ARAÚJO et al., 1974).

Segundo Costa e Costa (2005), o maracujazeiro se adapta bem nos solos areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, profundos e bem drenados. Para tanto, o sistema de preparo do solo é de extrema importância e influencia diretamente o desenvolvimento, a sanidade, e a produtividade da cultura e o manejo adequado pode proteger o solo e contribuir para a produção e nutrição dos frutos (NEVES et al. 1998).

O Espírito Santo é um estado que apresenta excelentes condições para o cultivo comercial do maracujazeiro. Em razão da elevada demanda de sucos prontos para consumo, o mercado de polpa está em franca expansão, e as perspectivas de médio e longo prazos para os produtores de maracujá são bastante positivas (COSTA; COSTA, 2005).

São vários os gargalos da cadeia produtiva do maracujazeiro no Espírito Santo. Torna-se necessário uma busca de alternativas de adequação do pacote tecnológico desenvolvido para a

cultura, principalmente no que diz respeito ao manejo de solos (COSTA; COSTA, 2005). A utilização de métodos físicos pode proporcionar bons resultados na descompactação do solo e conseqüente eficiência na drenagem hídrica (COSTA et al., 2006).

A adequabilidade e fertilidade do solo, assim como a variedade e o grau de maturação são fatores que interferem diretamente na composição físico-química do fruto (MARTINS; PEREIRA, 1989). No geral, para o consumo *in natura*, o consumidor final não valoriza os valores intrínsecos do fruto, como por exemplo, sólidos solúveis (°Brix), açúcares totais e porcentagem de acidez, como o desejado pela indústria (ROSSI, 1998). No entanto, para frutos destinados à elaboração de produtos como sucos, geléias e sorvetes, os parâmetros físico-químicos relacionados à acidez titulável e ao teor de sólidos solúveis são mais importantes (CHITARRA; CHITARRA, 1990; OLIVEIRA et al.; 1999).

Apesar de ser um fruto climatérico (LEDERMAN, 1987), o maracujá não apresenta conversão de açúcar significativa após a colheita. O seu teor de açúcar é obtido praticamente da translocação de fotoassimilados quando ainda está ligado à planta (FARIAS et al., 2007).

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a acidez titulável (AT) é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação dos frutos. A quantidade de AT tende a aumentar até que o fruto atinja seu completo desenvolvimento fisiológico, e tende a diminuir com o amadurecimento.

Assim como a acidez titulável, os sólidos solúveis (SS) são um excelente indicativo de palatabilidade do fruto. Os SS representam a porcentagem em gramas dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco da polpa. Nas frutas, esses sólidos são constituídos por açúcares e ácidos orgânicos (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Vangdal (1981), atribui à relação SS/AT um indicativo da palatabilidade dos frutos. Pinto et al. (2003) afirmam que a razão SS/AT representa uma boa estimativa do sabor dos frutos, sendo mais representativa do que a medição isolada da acidez, por exemplo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de quatro diferentes condições de manejo do solo sobre a qualidade dos frutos de três genótipos de maracujazeiro na região norte do Espírito Santo, sendo um desses genótipos ainda não conhecido no mercado, dosando os sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) entre os genótipos.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Incaper, no Município de Sooretama, situado a uma altitude de 75 m, longitude - 40,079 W, latitude - 19,114 S, região nordeste capixaba (IBGE, 2006). As plantas de três genótipos de maracujá (Maguary – FB 100, Yellow Master – FB 200, e um híbrido de casca arroxeadada que está sendo avaliado em programa de melhoramento da Flora Brasil, buscando atendimento às exigências do mercado de exportação de frutos *in natura*, aqui denominado ‘Genótipo teste’ – GT) foram submetidas a quatro manejos de solo (1: aração e gradagem; 2: aração, gradagem e subsolagem; 3: aração, gradagem, e uso de camalhão; 4: aração, gradagem, subsolagem e uso de camalhão).

Foram utilizados seis frutos por genótipo (6 repetições), por tratamento (manejo), totalizando 72 frutos. Em campo, os frutos foram colhidos no mesmo estágio de maturação, ainda no estágio pré-climatérico, caracterizado pelo início da mudança da cor verde para a amarela ou roxa, no caso do genótipo GT (RUGGIERO et al., 1996) e levados para o Laboratório de Ecofisiologia Vegetal localizado no campus da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. No laboratório, os frutos foram lavados em água apenas, secos e armazenados em temperatura ambiente até o momento das análises (aproximadamente 24 horas)

Para a análise dos parâmetros físico-químicos, o suco, juntamente com o arilo, foi separado das sementes com auxílio de uma peneira nylon (ARAÚJO et al., 2007).

Para a análise dos teores de sólidos solúveis (SS) (°Brix), duas gotas do suco foram utilizadas para leitura direta em refratômetro digital (Instrutherm, RTD-45), com compensação automática de temperatura (AOAC, 1992).

Para a determinação da acidez titulável (AT) (% ácido cítrico), 5mL de suco foram diluídos em 50 mL de água destilada. A uma alíquota de 10 mL, foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína 2% (p/v). A solução foi titulada com NaOH 0,1 N até que atingisse a coloração rósea permanente, sendo o volume de NaOH consumido, utilizado para o cálculo da acidez, segundo a equação:

$$\% \text{ ácido cítrico} = Vg \times N \times f \times Eq \text{ác} / 10 \times g$$

Sendo: Vg = volume de NaOH gasto (mL); N = normalidade do NaOH = 0,1 N; F = fator de correção obtido para a padronização do NaOH = 1,00; Eq.ác.= equivalente ácido do maracujá = 64; g = massa da amostra (1g) Abreu (2006). Foi analisada também a relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 3 x 4 (três genótipos e quatro tratamentos de solo), com 6 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises de variância utilizadas foram executadas pelo programa Assistat 7.5 beta (2008), UAEG-CTRN-UFCG, Campina Grande – PB.

Resultados e Discussão

Tabela 1 – Teores de Sólidos Solúveis – SS (°Brix), Acidez Titulável – AT (% Ácido Cítrico) e Relação SST/AT de três genótipos de maracujazeiro (FB 100, FB 200 e GT) submetidos a quatro diferentes manejos de solo (Tratamento 1: aração e gradagem; Tratamento 2: aração, gradagem e subsolagem; Tratamento 3: aração, gradagem e uso de camalhão; Tratamento 4: aração, gradagem, subsolagem e uso de camalhão). n = 6.

TRATAMENTO	SS (°Brix)			AT (% ácido cítrico)			Relação SS/AT		
	FB 100	FB 200	GT	FB 100	FB 200	GT	FB 100	FB 200	GT
1	17,0 aA	12,8 bB	17,3 aA	5,8 aAB	4,3 bB	6,4 aA	3,1 aA	3,0 abA	2,7 aA
2	16,7 abA	14,4 bB	15,4 aAB	5,2 aA	6,4 aA	6,3 aA	3,3 aA	2,3 bB	2,5 aAB
3	14,7 bB	17,0 aA	16,3 aAB	5,4 aA	4,8 abA	6,4 aA	2,8 aAB	3,7aA	2,7aB
4	14,8 bA	14,3 bA	15,6 aA	4,7 abA	5,3 aA	5,6 aA	3,2 aA	2,8 abA	2,8 aA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,005$)

O teor de sólidos solúveis (SS) mostrou diferenças significativas bastante relevantes para os três genótipos nos três tratamentos (Tabela 1).

Para a cv. FB 100, os teores de sólidos solúveis foram maiores nos tratamentos 1 (aração e gradagem) e 2 (aração, gradagem e subsolagem), enquanto que para a cv. FB 200 esta diferença ocorreu em relação ao tratamento 3 e os demais. Nenhuma diferença significativa foi observada para o genótipo GT (Tabela 1).

Quando comparados entre si, observa-se, de maneira geral, que os frutos da cultivar FB100 e do genótipo GT apresentaram, em média, teores de sólidos solúveis significativamente ($p < 0,005$) maiores (15,8 e 16,2 °Brix, respectivamente) quando comparados aos da cultivar FB200 (14,6°Brix).

Para a indústria, o teor elevado de SS é uma característica desejável. Frutos com maior teor de sólidos solúveis são mais apreciados pelo consumidor, uma vez que esse parâmetro pode dar um indicativo de sabor doce aos frutos (PINHEIRO et al., 1984). Estima-se que sejam necessários 11kg de frutos com SS entre 11% a 12%, para obtenção de 1kg de suco concentrado a 50° Brix. Assim, quanto maior o valor de SS, menor será a quantidade de frutos necessários para a concentração do suco (BRASIL, 1999).

Segundo Costa et al. (2001) a qualidade tecnológica de frutos de maracujá amarelo exigida pelos mercados *in natura* e para fins industriais, deve apresentar conteúdo de sólidos solúveis - °Brix, oscilando de 15 a 16%. Dessa forma, os frutos dos genótipos FB 100 e GT analisados neste trabalho, apresentam teores de sólidos solúveis considerados ideais para o consumo tanto *in natura* quanto para utilização pela indústria em, praticamente, todos os tratamentos. O genótipo FB 200, por sua vez, apresentou valores de SS abaixo dos sugeridos pela

literatura na maioria dos tratamentos, exceto no tratamento 3 (aração, gradagem e uso de camalhão), registrando 17,0 °Brix.

Melleti et al. (2005) encontrou teores de sólidos solúveis em variedades de maracujá roxo variando de 13 a 18° Brix. Alguns genótipos nacionais citados por Oliveira et al. (1987), e o maracujá-roxo produzido na Espanha, descrito por Souza e Sandi (2001), apresentam teores de SS de 14 a 14,5° Brix, valores mais baixos do que os encontrados neste trabalho para o genótipo teste (GT), que variou de 15,4 a 17,3°Brix.

Silva et al. (2005) encontraram para o maracujazeiro amarelo, teores de SS próximos de 16,3° Brix. Estes valores são similares aos encontrados nos tratamentos 1 e 2 para a cv. FB 100 (17,0° e 16,7° Brix, respectivamente) e no tratamento 3 para a cv. FB 200 (17,0° Brix).

Para a análise dos teores de acidez titulável (AT), observa-se que os tratamentos não influenciaram as alterações no teor de ácidos do suco nos genótipos estudados. A exceção se refere a cultivar FB 200 submetida ao tratamento 1 (aração e gradagem), cuja acidez titulável apresentou-se significativamente menor em relação aos tratamentos 2 e 4 (6,4 e 5,3% de ác. Cítrico, respectivamente). Mesmo estatisticamente menor e não diferindo do tratamento 3, o valor está de acordo com aqueles apresentados por Costa et al. (2001), que indica que o teor de ácido cítrico deve oscilar entre 3,2 e 4,5% para que os frutos sejam bem aceitos pelo mercado consumidor (Tabela 1).

Em média, para os quatro tratamentos, verificou-se que os teores de acidez titulável foram mais elevados em GT (variando de 5,6 a 6,4% Ac. Cítrico). Estes resultados são diferentes daqueles obtidos por Araújo et al. (1974) e Sjöstrom e Rojas (1977), citados por Fortaleza (2002), cujos teores de acidez titulável variaram de 2,9 a 5,9% em sucos de maracujás-azedos. Neste trabalho, os teores variaram de 4,3 a 6,4 (% de ácido cítrico) para as cv. de maracujá-azedo, e foram um pouco maiores no genótipo roxo, variando de 5,6 a 6,4 (% de ácido cítrico). De acordo

com Nascimento (1996), valores elevados de ácidos no suco revelam uma característica importante para o processamento dos frutos de maracujazeiro, e é bastante desejável que esses frutos possuam elevada acidez, visto que ela facilitaria sua conservação (Tabela 1).

A acidez é um parâmetro de grande importância na determinação de outra característica físico-química responsável pela qualidade final dos frutos. A relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável - SS/AT, que define a natureza doce-ácido e sabor das frutas, oscila de acordo com as variações percebidas nos teores de sólidos solúveis e acidez titulável. Para elevados teores de acidez, haverá a diminuição da relação SS/AT (NASCIMENTO,1996).

Neste estudo, altos valores de AT observados no genótipo GT em todos os tratamentos, contribuíram para os baixos valores de SS/AT, conferindo aos frutos deste genótipo uma palatabilidade inferior para consumo *in natura* quando comparados aos das cultivares FB 100 e FB 200. De modo geral, a acidez média dos frutos foi inferior aos 3,4 obtidos por Colauto et al. (1986) e aos 4,5 obtidos por Queirós et al. (1998). Portanto, ao se admitir que frutos de maracujá com relação SS/AT entre 4,2 e 5,2 possuem ótimo sabor (HAENDLER,1965) observa-se que houve uma diminuição do sabor dos frutos que pode não estar diretamente relacionada aos manejos, mas sim às características naturais do solo de tabuleiros (Tabela 1).

A relação SS/AT variou de 2,3 a 3,7 para o maracujá-amarelo e ficou bem próximo do que foi encontrado por Holanda et al. (1987). Para o maracujá roxo, Saenz et al. (1998) descrevem que este valor varia de acordo com a época do ano, chegando a encontrar no inverno valores próximos a 3,5 e no verão, aproximadamente 6,6. Neste trabalho os valores encontrados para o maracujá roxo ficaram abaixo da média dos autores, variando de 2,5 a 2,8 em todos os tratamentos.

Segundo Gamarra Rojas e Medina (1994), a razão SS/AT pode variar de acordo com a cultivar, o local e a época da colheita. Porém, nota-se que estatisticamente há uma semelhança

nos valores de SS/AT para os três genótipos em todos os tratamentos, exceto para FB 200 cultivado em solo com aração, gradagem e subsolagem (Tratamento 2). Neste tratamento, a cv. FB 200 apresentou valores elevados de AT e menores valores de SS.

É importante ressaltar que não se tem referência sobre a utilização da razão SS/AT como índice de maturação do maracujá e tanto SS quanto a relação SS/AT podem variar de acordo com a cultivar, o local e a época da colheita (GAMARRA ROJAS; MEDINA, 1996). Por conseguinte, Ritzinger et al. (1989) afirmam que a composição dos frutos de maracujá pode ser influenciada por fatores edafoclimáticos, principalmente, no que se refere à acidez e à relação SS/AT do suco. Por ter havido pouca diferença entre os manejos, deve-se levar em consideração que o manejo do solo pode não ter interferido diretamente nas respostas dos três genótipos, e sim a interação entre diversos fatores ambientais aos quais as plantas estavam submetidas (intempéries naturais da região).

No tratamento 4 (aração, gradagem, subsolagem e uso de camalhão) a maioria das variáveis analisadas (SS, AT e SS/AT) apresentou valores mais elevados estatisticamente em todos os genótipos (Tabela 1). Isso sugere que, por ser um manejo mais completo, as plantas estavam submetidas a um solo mais aerado, com menor possibilidade de encharcamento e, conseqüentemente, maior drenagem e uma maior capacidade de trocas catiônicas, o que pode influenciado na palatabilidade dos frutos.

Devido à ausência de informações sobre as propriedades físico-químicas da polpa do genótipo GT, e visto que o mesmo ainda não está estabelecido comercialmente, fazem-se necessários novos estudos comparativos para relacionar aos dados encontrados neste trabalho. Soma-se a isso o fato do presente trabalho ser um dos pioneiros no estudo do manejo mecânico do solo e sua relação com a qualidade dos frutos dos três genótipos de maracujazeiro estudados.

Conclusões

- Por se tratar de um híbrido com dupla finalidade, o genótipo FB 100 apresentou valores semelhantes ao GT, para a maioria das variáveis e na maioria dos tratamentos, com exceção de SS nos tratamentos 3 (aração, gradagem e uso de camalhão) e 4 (aração, gradagem, subsolagem e camalhão)
- FB 200 apresentou menores valores de SS, AT e SS/AT para a maioria das variáveis analisadas, quando comparados tratamentos e genótipos.
- O tratamento 4 (aração, gradagem, subsolagem e uso de camalhão) foi o que proporcionou as melhores respostas de qualidade dos frutos aos três genótipos analisados.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), por toda a contribuição.

Referências

ABREU, S.P.M. **Desempenho agrônômico, características físico-químicas e reação a doenças em genótipos de maracujazeiro-azedo cultivadas no Distrito Federal**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/UNB, 2006. 144p. Dissertação de Mestrado.

ARAÚJO, C. M.; GAVA, A. J.; ROBBS, P. G.; NEVES, J. F.; MAIA, P. C. B. Características industriais do maracujá (*Passiflora edulis* sans f. *flavicarpa* Deg.) e maturação do fruto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 9, p. 65-69, 1974.

ARAÚJO, E.C.; SILVA, R.F.; VIANA, A.P.; SILVA, M.V. Estádio de maturação e qualidade de sementes após repouso de frutos de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.67-76, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 12. ed. Washington: A.O.A.C., 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa nº 12 de 10 de setembro de 1999. **Diário Oficial**, Brasília, 13 de setembro de 1999. Seção1, p.72-76.

CANÇADO JÚNIOR, F.L.; ESTANILAU, M.L.L.; PAIVA, B.M. de. Aspectos econômicos da cultura do maracujá. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.206, p.10-17, 2000.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, 320 p.1990.

COLAUTO, N. M.; MANICA, I.; RIBOLDI, J.; MIELNICZUK, J. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.7, p.691-695, jul. 1986.

CORRÊA, R.A.L. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura de dois ciclos de produção do maracujazeiro amarelo**. Piracicaba, ESALQ/USP, 2004. 57p. Dissertação de mestrado.

COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da. (Eds.) **Tecnologias para a produção de maracujá.**

Vitória: Incaper. 2005.

COSTA, J.N. da; SANTANA, J.C.F. de; WANDERLEY, M.J.R.; SOBRINHO, R.E. Padrões universais para classificação do algodão. Campina Grande: **Embrapa Algodão**, 2006. 22p.

(Embrapa Algodão. Documentos, 151).

COSTA, J.R.M.; LIMA, C.A. de A.; LIMA, E.D.P. de A.; CAVALCANTE, L.F.; OLIVEIRA, F.K.D. de. Caracterização dos frutos de maracujá-amarelo irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.143-146, 2001.

FARIAS, J. FEITOSA de; SILVA, L. J. B. da; ARAÚJO NETO, S. E.; MENDONÇA, V.

Qualidade do maracujá–amarelo comercializado em rio branco, Acre. **Revista Caatinga**, v.20, n. 3, p. 196 – 202, 2007.

FORTALEZA, J.M. **Influência da adubação potássica e da época de colheita sobre as características físico-químicas dos frutos de novo genótipos de maracujazeiro azedo cultivados no Distrito Federal.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2002, 59p. Dissertação de Mestrado.

GAMARRA ROJAS, G.; MEDINA, V. M. Maturação do fruto do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador, BA. **Caderno de Resumos...**Cruz das Almas, BA: SBF, 1994. p. 833-834.

GAMARRA ROJAS, G.; MEDINA, V. M. Mudanças Bioquímicas do Suco do Maracujá Amarelo em Função da Idade do Fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 18, n. 1, p. 75-83, 1996.

HAENDLER, L. **La passiflora: sa composition chimique et ses possibilités de transformation.** **Fruits**, Paris, v.20, n.5, p.235-245, 1965.

HOLANDA, L. F. F. ; SESSA, M. C. M. ; MAIA, G. A. ; OLIVEIRA, G. S. F. ; FIGUEIREDO, R. W. . Características físico-químicas e químicas do suco de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*, f. *flavicarpa*, Deg.) cultivado no município de Ubajara, Ceará. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, n. 9, 1987, Campinas, **Anais...** Campinas, SBF, 1987, v. 1, p. 585-590.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>. Acesso em abril de 2008.

LEDERMAN, I. E. **The involvement of ethylene in fruit development, maturation and ripening of the passion fruit, *Passiflora edulis* Sims.** The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalém, 1987. Tese de Doutorado.

MARTINS, F. P.; PEREIRA, F. M. **Cultura do caqui**. Jaboticabal: Funep, 1989. 71p.

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

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C. Caracterização de três seleções de maracujazeiro-roxo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 268-272, 2005.

NASCIMENTO, T. B. do. **Qualidade do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas no Sul de Minas Gerais**, 1996. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

NEVES, C. S. V. J.; DECHEN, A. R.; FELLER, C.; GONZALEZ, M.G.N. Influência de sistemas de manejo de solo em pomar de tangerina – ‘Poncã’ sobre limão-‘cravo’ em Latossolo roxo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n.3, p. 367-374, 1998.

OLIVEIRA, M.E.B.; BASTOS, M.S.R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M.A.A.C.; SILVA, M.G.G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, set./dez., p. 326-332, 1999.

OLIVEIRA, J.C. de; FERREIRA, F.R.; RUGGIERO, C.; NAKAMURA, K. Caracterização e avaliação de germoplasma de *Passiflora edulis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO FRUTICULTURA, n. 9, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBF, v.2, p. 591-596.

PINHEIRO, R.V.R.; MARTELETO, L.O.; SOUZA, A.C.G. de; CASALI, W.D.; CONDÉ, A.R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v.31, p.360-387, 1984.

PINTO, W. da S.; DANTAS, A.C.V.L.; FONSECA, A.A.O.; LEDO, C.A. da S.L.; JESUS, S.C. de; CALAFRANGE, P.L.P.; ANDRADE, E.M. Caracterização física, físico-química de frutos de

genótipos de cajazeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1.059-1.066, set. 2003.

QUEIRÓS, M.S.; LIMA, E.M. DE; CAVALCANTE, L.F; OLIVEIRA, M.R.T. de.

Caracterização físico-química em frutos de maracujazeiro amarelo, no Estado da Paraíba. In: Ruggiero, C. (ed.). **Maracujá, do plantio à colheita**. Jaboticabal: FCAV/UNESP/SBF. 1998. 388p.

RITZINGER, R.; MANICA, I.; RIBOLDI, J. Efeito do espaçamento e da época de colheita sobre a qualidade do maracujá amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 241-245, 1989.

ROSSI, A.D. Comercialização do maracujá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5., 1998, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1998. p. 279-287.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C. de; DURIGAM, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R. da; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. de P. **Maracujá para exportação**. Brasília: Embrapa-SPI, 64p. 1996.

SILVA, T.T.; DELLA MODESTA, R.C.; PENHA, E.M.; MATTA, V.M.; CABRAL, L.M.C. Suco de maracujá orgânico processado por microfiltração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.419-422, 2005.

SOUZA, A.C.G.de ; SANDI, D. Industrialização. BRÜCKNER, C.H. e PIKANÇO, M. C.

Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 305-344, 2001.

VANDGAL, E. Ripening of plums. **Forsking og Forsok i Landbrukshogskole**. Lofthus, v. 32, n. 1, p. 13-20, 1981.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fotossíntese é um dos mais importantes processos metabólicos dos vegetais. Logo, a medição de sua atividade pode fornecer informações gerais e importantes sobre a 'vitalidade' e a funcionalidade de seus sistemas fisiológicos.

No presente trabalho a cinética de indução da fluorescência da clorofila *a* mostrou que as variações ambientais estão diretamente relacionadas às respostas fotossintéticas dos três genótipos de maracujazeiro. Quando ainda se encontrava em viveiro, o genótipo teste (GT) apresentou respostas melhores do que as cultivares já estabelecidas no mercado (Maguary e Yellow Master), apresentando maior taxa de transporte de elétrons (ET_0/RC) e menor dissipação da energia absorvida (DI_0/RC), apesar de ter absorvido (ABS/RC) e capturado (TR_0/RC) menor quantidade de energia em relação aos outros dois genótipos. Maior foi também o rendimento quântico máximo efetivo de conversão de energia (F_v/F_0) e a probabilidade do elétron seguir na cadeia transportadora (ET_0TR_0), contribuindo, assim, para que o índice de vitalidade (P.I.) fosse bem maior no genótipo GT em viveiro. Porém, quando submetidos às condições adversas, após o transplântio para o campo, as cultivares que já são bem estabelecidas comercialmente responderam melhor, talvez por se tratar de híbridos adaptados ao longo das gerações a essas condições mais desfavoráveis. As cultivares FB 100 e FB 200 apresentaram menor absorção de energia radiante (ABS/RC) e menor captura dessa energia (TR_0/RC), porém, menor foi a dissipação e maiores foram o transporte da energia absorvida (ET_0/RC) e a probabilidade de um excitron capturado, mover um elétron na cadeia de transporte para além de Q_A^- , o que refletiu em um maior valor no índice de desempenho (P.I.) nessas cv. após o transplântio para campo.

No período de transição de fase vegetativa para a fase reprodutiva, os três genótipos apresentaram valores próximos à média, porém, o genótipo teste (GT) apresentou respostas mais satisfatórias, mostrando, após três meses do transplântio, ter se aclimatado às condições adversas do campo. A dissipação da energia absorvida, que antes estava acima da encontrada para FB 100 e FB 200, na fase de transição de

crescimento vegetativo para reprodutivo, em GT, foi menor, interferindo diretamente no aumento do seu índice de desempenho (P.I.).

As análises físico-químicas da polpa dos frutos mostraram que os três genótipos, quando submetidos ao tratamento 4 (aração, gradagem, uso de camalhão e subsolagem) apresentaram respostas semelhantes, fato perfeitamente explicável por se tratar de um manejo mais completo, com maiores disponibilidade de nutrientes, maior aeração e umidade. Entre os genótipos estudados, os frutos que apresentaram melhor palatabilidade (valores médios da razão SS/AT igual a $3,0 \pm 0,1$) foram os dos acessos de maracujás-azedos.

Baseados em todos os resultados obtidos pode-se sugerir que o maracujazeiro possui estádios de desenvolvimento e períodos em que as plantas apresentam-se mais vulneráveis aos estresses – início do período vegetativo, quando ocorre o estabelecimento das mudas, e início período reprodutivo. Em ambos, a atividade fotoquímica apresenta-se alterada em pelo menos um dos genótipos quando comparado ao controle.

De uma maneira geral, pode-se considerar que as atividades desenvolvidas neste trabalho contribuem com o estudo da fruticultura, visto que divulgam um novo genótipo de maracujá ainda não implantado no mercado e aumenta o conhecimento dos genótipos já estabelecidos comercialmente. Estudos adicionais são, portanto, necessários para validar a cinética da emissão da fluorescência como um método eficiente para potencializar a produção com frutos de alta qualidade, considerando que seu uso possibilita indicar o estresse abiótico sob o qual as plantas do maracujazeiro estão submetidas.