

ASPETOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE *Coffea* sp. NA  
REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**WEVERTON PEREIRA RODRIGUES**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2013

ASPETOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE *Coffea* sp. NA  
REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**WEVERTON PEREIRA RODRIGUES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Henrique Duarte Vieira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2013

ASPETOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE *Coffea* sp. NA  
REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**WEVERTON PEREIRA RODRIGUES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Aprovada em 18 de março de 2013.

Comissão examinadora:

---

Profº Eliemar Campostrini (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Profº Sílvio de Jesus Freitas (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Profº Fábio Luiz Partelli (D. Sc., Produção Vegetal) – UFES

---

Prof. Henrique Duarte Vieira (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF  
(Orientador)

Aos meus pais, José Rodrigues e Dalveci, pela vida, amor, dedicação e por terem acreditado no sonho que se tornou realidade.

À minha irmã, Janessa, pelo incentivo e pelo apoio por todos esses anos.

Aos meus avôs (*in memoriam*) Etelvino, Franscisca, Manoel e Anestina que onde quer que estejam se alegram com a minha vitória.

***“Um homem é o que ele lê, come e bebe na vida. Logo, deve escolher a melhor leitura, a melhor comida e a melhor bebida: o café”***

**Goehte.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos que me concedestes.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de realização do curso e pela concessão da bolsa.

Ao professor Henrique Duarte Vieira, pela orientação, confiança, ensinamentos, apoio e amizade.

A companheira Maria Eugênia pela presença e carinho.

A todos aos grandes amigos pelo companheirismo no decorrer desta jornada.

Aos professores de Produção Vegetal, pela convivência e por seus ensinamentos durante o decorrer do curso.

Aos professores Eliemar Campostrini, Sílvio de Jesus Freitas e Fábio Luiz Partelli por aceitarem fazer parte desta banca.

Ao José Ferreira Pinto, Paulo Henrique do Prado e funcionários da Fazenda Panorama 1 por todo apoio na condução dos experimentos

## SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS .....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Classificação taxonômica do cafeeiro .....	5
2.2. Origem das principais espécies de C. arabica .....	5
2.3. Melhoramento das variedades de café plantadas no Brasil .....	7
2.4. Caracterização dos genótipos utilizados no experimento .....	9
Catuaí vermelho .....	9
Cultivares do grupo Catucaí .....	10
IBC – Palma II .....	11
Sabiá .....	11
Acauã .....	11
Bourbon Amarelo JCL 10 .....	12
Iapar 59 .....	12
Oeiras.....	13
Araponga.....	13
Catiguá MG 01 e MG 02.....	13

IPR 103 .....	13
Pau - Brasil.....	14
Sacramento .....	14
H419-10-6-2-5-1, H419-10-6-2-5-10-1, H419-10-6-2-12-1 e H4193-3-716-4-1.....	14
IPR e IPR 99 .....	15
IPR 98 e IPR 104.....	15
IPR 100 .....	15
Vitória Incaper 8142 .....	15
2.5. Parâmetros fisiológicos .....	16
Potencial hídrico foliar .....	16
Trocas gasosas .....	18
Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	20
Pigmentos fotossintéticos.....	21
Massa foliar específica .....	23
Aspectos fisiológicos do cafeeiro sob baixas temperaturas .....	24
3. TRABALHOS .....	28
3.1 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CAFÉ ARÁBICA NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	28
RESUMO .....	28
ABSTRACT .....	29
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
Localização .....	31
Genótipos utilizados no experimento .....	31
Delineamento experimental.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

3.2. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE <i>Coffea Canephora</i> PIERRE NA REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE .....	49
RESUMO .....	49
ABSTRACT .....	50
INTRODUÇÃO .....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	53
Área experimental .....	53
Potencial hídrico foliar .....	53
Trogas gasosas.....	54
Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	54
Intensidade do verde.....	54
Massa foliar específica.....	55
Avaliação do crescimento .....	55
Avaliação da produtividade .....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
4. RESUMO E CONCLUSÕES .....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91



## LISTA DE SÍMBOLOS

*A/MFE*: Taxa fotossintética específica

*A*: Taxa fotossintética líquida

*ALT*: Altura da planta

*AP*: Altura da Planta

*ATP*: Adenosina trifosfato

*BRASIL*: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

*Chl a*: Clorofila a

*Chl b*: Clorofila b

*C<sub>i</sub>*: Concentração interna de CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

*CONAB*: Companhia Nacional de Abastecimento

*CPR*: Comprimento do ramo plagiotrópico

*DC*: Diâmetro do caule

*DIC*: Delineamento inteiramente casualizado

*DPV<sub>folha-ar</sub>*: Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar

*DPV*: Déficit de pressão de vapor

*E*: Transpiração

EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

FFF: Fluxo de fótons fotossintéticos

$F_v/F_m$ : Rendimento quântico máximo do fotossistema II

gs: Condutância estomática

IAC: Instituto Agronômico de Campinas

IAPAR: Instituto Agronômico do Paraná

IRGA: Analisador de gás a infravermelho

MFE: Massa foliar específica

MPC: Medidor portátil de clorofila

NADP<sup>+</sup>: Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato

NADPH: Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato desidrogenase

NNR: número de nós por ramo plagiotrópico

O<sub>2</sub>: Oxigênio

PAR: Radiação fotossinteticamente ativa

PEA: Plant Efficiency Analyser

PSI: Fotossistema I

PSII: Fotossistema II

QA: Quinona A

ROS: Espécies reativas de oxigênio

Rubisco: Ribulose-1,5-Bifosfato Carboxilase-Oxigenase

RuBP: Ribulose 1,5 Bisfosfato

Trioses-P: Trioses fosfato

UFV: Universidade Federal de Viçosa

UR: Umidade relativa

## RESUMO

RODRIGUES, Weverton Pereira; Ms; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março 2013; Aspectos fisiológicos e produtividade de *Coffea* sp. na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro; Profº. Orientador: Henrique Duarte Vieira.

Este trabalho foi dividido em dois capítulos. O capítulo 1 refere-se ao crescimento e produtividade de café arábica com objetivo de indicar genótipos mais produtivos e resistentes às principais doenças para região Noroeste Fluminense. Para isso foram utilizados 25 genótipos de café arábica, plantados em fevereiro de 2007, em espaçamento 2,5 x 0,8 m em delineamento inteiramente ao acaso com 5 repetições e 8 plantas por repetição. Foi mensurada a altura de planta, o diâmetro do caule e o número de ramos plagiotrópicos e as produtividades do ano de 2009, 2010, 2011 e 2012. Os genótipos que apresentaram características agronomicamente superiores e que podem ser recomendados para a referida região são: Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02, Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137 e Catucaí Amarelo 20/15. No capítulo 2 o objetivo foi avaliar os aspectos fisiológicos, o crescimento e a produtividade de *C. canephora* e *C. arabica* cultivados em regiões de altitude elevada. Para isso foram utilizados genótipos de *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, em espaçamento 2,2 x 0,5 m, e de *C. canephora* cv. Clone 02 V da cultivar Vitória Incaper 8142 em espaçamento 3 x 1 m, sendo que o plantio foi realizado em dezembro de 2008. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso com 12

repetições. Foi mensurado, entre 5:00 e 6:00 e 12:00 e 13:00 horas o potencial hídrico foliar, entre 8:00 e 10:00 e 12:00 e 13:00 horas a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a taxa de transpiração, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e o rendimento quântico do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ). Também foi mensurada a massa foliar específica e a leitura SPAD. Todas as avaliações foram realizadas em três épocas sendo março, julho e outubro. A cada 30 dias, por um período de 13 meses (dezembro 2011 a dezembro de 2012) foi mensurado o crescimento em altura do ramo ortotrópico, o comprimento do ramo plagiotrópico e número de nós por ramo plagiotrópico e no ano de 2012 foi mensurada a produtividade. Os resultados indicam que temperaturas baixas positivas afetam a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de ambos os genótipos sendo que o Clone 02 V apresentou valores maiores para esta variável, o que lhe conferiu um melhor desempenho fotossintético em julho. Porém, após o período de exposição às baixas temperaturas o Catucaí Vermelho 785/15 apresentou melhor recuperação das taxas fotossintéticas. No entanto, isto não parece suficiente para explicar a diferença de produtividade que no Catucaí Vermelho 785/15 foi muito superior (aproximadamente 80%) o que pode estar relacionado com a partição de fotoassimilados uma vez que o Clone 02 V apresentou maior crescimento em altura e comprimento do ramo.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Weverton Pereira; Ms; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março 2013; Physiological aspects and yield of *Coffea* sp. in the Northwest region of Rio de Janeiro State; Prof<sup>o</sup>. Adviser: Henrique Duarte Vieira.

This work was divided into two chapters. The first chapter refers to the growth and productivity of arabica coffee genotypes in order to indicate more productive and resistant to major diseases for Northwest Fluminense region. For this, were used 25 genotypes arabica coffee planted in February 2007, in spacing 2.5 x 0.8 m completely randomized design with 5 replications and 8 plants per plot. Height plant, stem diameter, plagiotropic branches number and crops of 2009, 2010, 2011 and 2012, were measured. The results indicate that the genotypes that showed superior agronomic characteristics and can be recommended for the region are: Catucaí Amarelo 2 SL, Catigua MG 02, Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137, and Catucaí Amarelo 20/15. In chapter 2, the objective was to evaluate the physiological aspects, growth and yield of *C. canephora* and *C. arabica* in areas of high altitude.. For this were used genotypes *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho785/15, in spacing 2.2 x 0.5 m, and *C. canephora* cv. Clone 02 V from Vitória Incaper 8142 in spacing 3 x 1 m, and the planting was done in December 2008. The experimental design was completely randomized with 12 replications. Was measured, between 5:00 and 6:00 and 12:00 and 13:00 hours the leaf water potential, between 8:00 and 10:00 and 12:00

and 13:00 hours the assimilation of CO<sub>2</sub> rate, the stomatal conductance, internal CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate, the vapor pressure deficit between the leaf and the air and the potential quantum yield of photosystem II ( $F_v/F_m$ ). Also measured was the specific leaf mass and SPAD reading. All assessments were made in march, july and october. Each 30 days, for a period of 13 months (December 2011 to December 2012) was measured height growth of orthotropic branch, the plagiotropic branch length and number of internodes per plagiotropic branch and in 2012 was measured productivity. The results indicate that low positive temperatures affect the assimilation of CO<sub>2</sub> rate both genotypes being the Clone 02 V showed higher values for this variable, giving it a better photosynthetic performance in July. However, after the period of exposure to low temperatures Catucaí Vermelho 785/15 showed better recovery of photosynthetic rates. However, this does not seem sufficient to explain the difference in productivity which Catucaí Vermelho 785/15 was far superior (approximately 80%), which could be related to carbon partition since the Clone 02 V showed greater height growth of orthotropic branch and plagiotropic branch length.

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os produtos naturais, o café tem seu valor monetário superado apenas pelo petróleo. Seu comércio internacional gera em torno de 90 bilhões de dólares todos os anos e envolve cerca de 500 milhões de pessoas em sua gestão, do cultivo até o consumo. O café é cultivado em cerca de 80 países em quatro continentes. O Brasil é o maior produtor mundial de café, seguido do Vietnã e Colômbia. Muitos países africanos, incluindo Uganda, Burundi, Ruanda e Etiópia têm o café como principal fonte de divisas. Além disso, a grande maioria das plantações de café em todo o mundo pertence a pequenos produtores, que fazem com que a atividade seja altamente importante na manutenção das pessoas no campo, proporcionando melhor rendimento e distribuição de riqueza (DaMatta e Ramalho, 2006).

O Brasil destaca-se na produção mundial, produzindo na safra 2012, aproximadamente 51 milhões de sacas de 60 quilos, sendo 38,5 milhões de café arábica (*Coffea arabica*) e 12,5 milhões de café robusta (*Coffea canephora*) (CONAB, 2013).

No país, são aproximadamente 287 mil produtores envolvidos na produção de café, grande parte pequenos produtores, gerando oito milhões de empregos diretos, com faturamento na última safra de US\$ 6,5 bilhões com exportações (Brasil, 2013) Entre os maiores estados produtores estão Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Paraná (CONAB, 2013).

Segundo a ABIC (2013) o consumo interno brasileiro de café continua crescendo. No período compreendido entre Novembro de 2011 e Outubro de 2012 a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) registrou o consumo de 20,33 milhões de sacas, um acréscimo de 3,09% em relação ao período anterior correspondente (19,72 milhões de sacas).

Além de outros fatores, o aumento do consumo pode estar relacionada aos efeitos benéficos da bebida para a saúde. Segundo Almeida et al. (2003) o café é capaz de reduzir os riscos de alguns tipos de câncer devido a substâncias antioxidantes, anticarcinogênicas e antiteratogênicas naturalmente presentes no café ou formadas durante o seu processamento.

O Rio de Janeiro que já foi o maior produtor nacional produziu na última safra apenas 262,2 mil sacas de 60 quilos de café arábica ocupando uma área de aproximadamente 15 mil hectares (CONAB, 2013).

A Região Serrana (Bom Jardim) e o Noroeste Fluminense (Varre Sai), são as regiões que mais produzem café no Estado. Em Varre e Sai, 85% da renda do município vem da cadeia do café (Gandra e Adjuto, 2010).

O Estado do Rio de Janeiro se mostra promissor para o desenvolvimento da cultura, uma vez que o consumo de café no Estado é de 1,3 milhões de sacas ao ano, o que corresponde a 10% do consumo interno brasileiro. Destaca-se que o Rio de Janeiro recebe anualmente cerca de um milhão de turistas estrangeiros, o que aumenta a responsabilidade do estado de apresentar produtos de alta qualidade, de forma a promover a melhoria da imagem do café brasileiro junto a formadores de opinião (CCCRJ, 2010).

A elaboração de Políticas Públicas de incentivo, bem como a transmissão de tecnologias pelos órgãos de pesquisas junto aos órgãos de extensão, aliadas à vontade dos produtores em mudar o atual cenário Fluminense, é fundamental para a expansão e aumento da produtividade da cafeicultura no estado (Rodrigues et al., 2012).

A produção do café arábica representou aproximadamente 74% da produção do País na safra 2012 (CONAB, 2013). A inclusão de novas tecnologias como a utilização de cultivares melhoradas tem contribuído para o aumento da produtividade das lavouras comerciais.

O desenvolvimento de novas cultivares se faz por meio dos processos de melhoramento genético. Inicialmente, o primeiro objetivo para desenvolver



cultivares melhoradas foi o aumento da produção. Posteriormente, ênfase foi dada também à tolerância a estresses ambientais, condições edafoclimáticas mais extremas e à tolerância a pragas e doenças (Medina Filho e Bordignon, 2008), entre outras. Entretanto, no estado do Rio de Janeiro, quase a totalidade dos cultivos de café arábica ainda permanece com cultivares antigas, menos produtivas e mais suscetíveis a pragas e doenças.

Marginalizado como bebida inferior ao do café arábica, o pacote tecnológico desenvolvido para o cultivo do conilon, sobretudo no estado do Espírito Santo, já permite se falar em café de qualidade, particularmente do conilon CD (cereja descascado) ou em terreiro de cimento suspenso coberto com lona plástica transparente (terreiro de estufa) (Pinheiro et al., 2012). Esta nova realidade favorece o Brasil, já que é o segundo maior produtor e o terceiro maior exportador de café conilon, com produção em torno de 12,5 milhões de sacas. O Espírito Santo responde por mais de 77% da produção nacional, seguido por Rondônia, que corresponde a aproximadamente 11% (CONAB, 2013).

Cada vez mais os produtores de café arábica do Brasil começam a se interessar pelo cultivo de café robusta. Este, com remuneração mais atraente que a do tipo arábica, só encontra pela frente uma única barreira: o preconceito. É conhecido por apresentar um tipo de grão menos nobre, porém, é mais resistente a doenças e as intempéries climáticas, tornando os custos de produção menores em comparação ao arábica (Marogado, 2009).

No mercado nacional e internacional, os grãos de café oriundos das variedades Conilon e Robusta são menos valorizados do que os das cultivares de café arábica. Contudo, devido às qualidades industriais e da bebida do café, estes apresentam algumas vantagens competitivas comerciais, tais como o preço reduzido nestes mercados, e, utilização nas indústrias de café solúvel e em misturas (“blends”) com os grãos de café arábica, o que diminui o custo do produto final (Marcolan et al., 2009).

Segundo Ferrão et al. (2007a), em 12 anos, o potencial de produtividade do café conilon aumentou de 60 para 120 sacas beneficiadas por ha<sup>-1</sup> devido a utilização de cultivares melhoradas e práticas culturais e fitossanitárias.

As regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro possuem áreas com características favoráveis ao plantio de *C. canephora*, que seriam segundo Dadalto e Barbosa, (1997) altitude inferior a 500 metros, sem impedimentos

pedológicos, com déficit hídrico inferior a 350 mm e temperatura média anual de 22 e 26 °C.

Contudo, a possibilidade de utilização de *C. canephora* em áreas de altitude (acima de 500 metros) tem sido objeto de estudos uma vez que, apresentando bom desempenho agrônômico, seria mais uma opção para plantio e ou associação com o manejo do café arábica. Neste aspecto, estudos relacionados à fisiologia podem indicar o desempenho desta espécie nas condições do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro de forma mais rápida e econômica em relação aos relacionados com a produtividade.

Além disso, segundo o IPCC (2012), há previsão de aumento da temperatura global em 1 a 3 °C até 2050. Neste cenário, poderá ocorrer a preferência pelo cultivo de *C. canephora* em relação ao *C. arabica* no Noroeste do estado do Rio de Janeiro em função do deslocamento de *C. arabica* para regiões com altitude mais elevadas do que aquela encontrada na referida região.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características de vegetativas, a produtividade e os aspectos fisiológicos de *C. arabica* e *C. canephora* na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Classificação taxonômica do cafeeiro

O cafeeiro pertence à divisão das Fanerógamas, classe Angiosperma, subclasse Eudicotiledônea, ordem Rubiales, família das Rubiaceae, tribo Coffeae, subtribo Coffeinae, gêneros *Coffea* e *Psilanthus* (Bridson & Verdcourt, 1988). O subgênero *Coffea* agrupa pelo menos 103 espécies (Davis et al., 2006), distribuídas em três seções: *Mascaracoffea*, *Mozambicoffea* e *Eucoffea* (Chevalier, 1942).

Na seção *Eucoffea*, encontram-se as mais importantes espécies de cafeeiros sendo: *C. arabica*, *C. canephora*, *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. klainii*, *C. congensis*, *C. racemosa*, *C. salvatrix*, *C. stenophylla*, *C. eugenoides*, *C. kapakata*, *C. humilis*, *C. sessiliflora*, *C. heterocalyx* e *C. anthonyi*, entre outras (Carvalho, 2008).

Apesar da grande diversidade genética, *C. arabica* e *C. canephora* são as mais cultivadas, sendo as outras espécies utilizadas nos programas de melhoramento genético (Carvalho, 2008).

### 2.2. Origem das principais espécies de *C. arabica* e *C. canephora*

A origem de *C. arabica* é o sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, em região restrita e marginal às demais espécies. A faixa de altitude

correspondente encontra-se entre 1.000 e 2.000 metros. A dispersão ocorreu pelo lêmên e toda a cafeicultura brasileira tem origem na introdução de apenas três plantas, em 1727 (Carvalho, 2008).

Segundo Carvalho (1993), *C. arabica* tem a base genética bastante estreita. As cultivares conhecidas da espécie são derivadas de duas formas botânicas: Typica e Bourbon (Anthony et al., 2001). Ainda que a base genética seja pouco diversificada, há grande variabilidade morfológica nas cultivares de café arábica devido às mutações e cruzamentos naturais apesar da baixa taxa de fecundação cruzada (5 a 10 %).

*C. arabica* é um alotetraplóide com  $2n = 4x = 44$  cromossomos e autofértil com cerca de 10% de polinização cruzada (Carvalho e Mônaco, 1964). Segundo Lashermes et al. (1999) *C. eugenoides* e *C. canephora* ou uma forma ancestral desta espécie seriam os parentais da espécie.

*C. canephora* é diplóide com  $2n = 22$  cromossomos e auto-incompatível, multiplicando-se por meio de fecundação cruzada. Esta incompatibilidade é do tipo gametofítica, e é ligada aos alelos S1, S2, S3 e S4 (Conagin e Mendes, 1961; Berthaud, 1980). Devido a esta característica, as sementes obtidas não reproduzem necessariamente as características da planta-matriz e desta forma, observa-se grande heterogeneidade entre plantas de uma mesma lavoura o que dificulta os tratos culturais e reduz a produtividade e a qualidade do café. Apesar da maior variabilidade genética em *C. canephora* em relação a *C. arabica*, há uma grande preocupação com o estreitamento da base genética devido à utilização massiva de variedades clonais (Ferrão et al., 2007b).

A espécie *C. canephora* tem sua origem nas regiões equatoriais de baixa altitude e úmida da bacia do Rio Congo, possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo em uma faixa ocidental e central tropical e subtropical do continente africano, da República do Guiné e Libéria ao Sudão e Uganda, com elevada concentração de tipos na República do Congo (Chevalier, 1947, citado por Fazuoli, 1986). "Café Robusta" é uma denominação generalizada que agrupa as cultivares da espécie.

### 2.3. Melhoramento das cultivares de café arábica plantadas no Brasil

Em 1727 foi introduzido no Brasil o café Nacional ou Crioulo ou Typica, que foi responsável pelo grande desenvolvimento inicial da cultura no país. Mais tarde, o Bourbon Vermelho, da Ilha de Reunião, foi introduzido pelo governo. Em 1871, em Botucatu, foi encontrado pela primeira vez um cafeeiro com frutos amarelos em vez de vermelhos. Naquela época, isso naturalmente causou sensação. Por curiosidade, muitos plantaram algumas mudas do Amarelo de Botucatu em suas propriedades. Como se originou do arábica, a produção revelou-se pequena, embora alguns lavradores da época realçassem o seu valor. Com o tempo, o Amarelo de Botucatu foi levado a todos os países cafeicultores. Fato semelhante ocorreu com o Maragogipe Vermelho, que surgiu na Bahia em 1870, no município de Maragogipe. Seus frutos grandes chamaram a atenção dos lavradores e muitos plantaram por curiosidade para testá-lo. Mas, como também se originou do arábica, sua produção mostrou-se pequena e seu plantio foi limitado (Carvalho, 2007).

Em 1932, foram iniciados os primeiros trabalhos de seleção no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), baseados na identificação de linhagens superiores das cultivares de Bourbon e Caturra. Em 1935 encontrou-se um café em Américo de Campos (SP), morfológicamente semelhante ao arábica, porém com sementes de cor amarela, em vez de verde. Deram-lhe o nome de café Cera ou Gema. Embora não seja produtivo, mostrou-se extremamente útil para as pesquisas sobre determinação da taxa de cruzamentos naturais, sobre a natureza do tecido que forma o grão do café e sobre os componentes químicos que determinam a cor verde da semente (Krug et al., 1939).

Em 1937 o IAC recebeu do Estado do Espírito Santo, amostras de sementes de duas variedades provavelmente aí surgidas: Caturra Vermelho e Caturra Amarelo. O próprio nome indica tratar-se de cafeeiro de porte reduzido. As análises realizadas na Seção de Genética revelaram que o Caturra se derivou do Bourbon Vermelho. Mostrou-se, também, que um par de fatores genéticos controla a redução do comprimento dos internódios. Mais tarde, verificou-se que o Caturra era originário do Estado de Minas Gerais e que fora levado ao Espírito Santo, onde se iniciara a sua plantação (Krug et al., 1949).

Em 1943, houve um grande avanço com a seleção de linhagens para o desenvolvimento da cultivar Mundo Novo, provavelmente uma recombinação natural entre o Sumatra e o Bourbon Vermelho. A partir de 1950, foram lançadas linhagens de Mundo Novo, Acaiá, Catuaí vermelho e Amarelo, oriundas de seleções e cruzamento artificial entre Caturra Amarelo. Também foram lançadas linhagens de Icatú, derivadas do cruzamento e seleções a partir do híbrido *C. canephora* x *C. arabica*, bem como outras cultivares como a Ouro Verde, derivadas de Catuaí Amarelo x Mundo Novo, a Obatã e Tupi, derivados de Villa Sarchi x híbrido do Timor (Carvalho, 2008).

Com a chegada da ferrugem no Brasil em 1970 e depois da constatação de que os nematóides, principalmente da espécie *Meloidogyne incognita*, não permitem o bom desempenho dos cultivares de *C. arabica*, modificaram-se, novamente, os rumos do melhoramento. Intensificou-se a busca por genes de resistência a moléstias e pragas para incorporá-los aos cultivares Mundo Novo e Catuaí, operação difícil, onerosa e demorada, exigindo o estudo de grande quantidade de material (Carvalho, 2007).

Entre 1970 e 1980, com o plano de renovação dos cafezais, duas variedades de café, Mundo Novo e Catuaí, em suas diversas linhagens, passaram a dominar a cafeicultura brasileira, representando 90% da área plantada, devido às suas características de produtividade e vigor. A partir de 1990 e, principalmente 2000, novos híbridos em estádios avançados com ou sem resistência a praga e doenças foram introduzidos gradativamente, explorando também a interação Genótipo x Ambiente, diferente de como era feito, ocupando cerca de 10% das áreas de café arábica no Brasil (Matiello et al., 2009).

O avanço das tecnologias moleculares aplicadas à genética impulsiona o desenvolvimento de novas cultivares de café. Porém, os desafios são maiores que aqueles enfrentados pelos melhoristas no passado. A migração do café para regiões não tradicionais com solos ácidos, arenosos, restrições climáticas, demanda contínuo investimento no melhoramento da cultura para atender essa nova realidade. Isso sem falar em outras questões como o aquecimento global e a relação com o meio ambiente (Carvalho, 2008).

Em um programa de melhoramento, várias características devem ser observadas como: o porte e a arquitetura das plantas; o vigor; a manutenção de um bom enfolhamento; tamanho, formato e a cor das folhas; a capacidade de

resistência ou tolerância a pragas, doenças e a seca; relação folha/fruto; a capacidade do sistema radicular; formato dos frutos; cor da casca; características de maturação dos frutos; abortamento de florada; a retenção de frutos; precocidade e a bebida do café (Matiello et al., 2009). Porém, a produtividade é a principal característica (Carvalho et al., 1961; Srinivasan, 1982) e deve ser observada em médio e longo prazo, sem, entretanto, perder a qualidade desses frutos. Outras características agronômicas ligadas ao potencial produtivo tem sido estudadas com objetivo de aumentar a eficiência da seleção indireta (Severino et al., 2002).

Freitas et al. (2007) constataram a possibilidade de sucesso da seleção precoce (aos 12 meses) indireta para a produtividade, a partir de caracteres de crescimento relacionados à produção.

O conhecimento da participação do ambiente na expressão fenotípica é de grande importância, pois muitas vezes uma cultivar apresenta diferentes respostas quando as condições do ambiente são alteradas.

#### 2.4. Caracterização dos genótipos utilizados no experimento

##### Catuaí Vermelho

Têm sua origem a partir de um cruzamento artificial entre as cultivares de *C. arabica* Caturra Amarelo IAC 7476 – 11 e Mundo Novo IAC 374 – 19, em Campinas em 1949. As plantas apresentam bom vigor, porte baixo, o que facilita o manejo da lavoura, e a alta capacidade produtiva. As plantas se recuperam com um pouco de dificuldade após carga alta ou pós-poda. Apresenta arquitetura cilíndrica e compacta. A folhagem é de cor verde e os brotos são somente verdes. A relação folha/fruto pode ser menor, principalmente nas primeiras safras, causando geralmente, a seca de ponteiros após altas produções. Devido a sua arquitetura, é mais protegida contra ventos frios e o calor, sendo mais resistentes a períodos de estiagem. Porém, apresenta a floração e maturação dos frutos tardia e desigualada devido à dificuldade de penetração de luz e calor. Os frutos e grãos de tamanho médio com bebida, sólidos solúveis e cafeína dentro dos padrões normais. Apresenta bom sistema radicular. As plantas são suscetíveis à ferrugem e aos nematóides, e exigentes em boro. As linhagens que tem

apresentado melhor comportamento são IAC – 144, – 99, – 44, – 81, – 15 e – 51 (Matiello et al., 2009).

### Cultivares do grupo Catucaí

As cultivares do grupo Catucaí foram desenvolvidas aproveitando-se um cruzamento natural entre Icatú e Catuaí, ocorrido em São José do Vale do Rio Preto, RJ, com as primeiras seleções em 1988. As plantas apresentam bom vigor, porte baixo e algumas linhagens porte médio. Em algumas linhagens, as plantas são cônicas, bem abertas e em outras as plantas são mais cilíndricas e compactas. Apresenta abundante folhagem com boa retenção e os brotos têm coloração verde ou bronze. Dependendo da linhagem, os frutos podem ter coloração vermelha ou amarela, sendo de tamanho médio a grande.

Apresenta época de maturação média, exceto para a linhagem 785/15 que é precoce. As plantas têm boa resistência à ferrugem, com seleções imunes e outras com menos de 20% de plantas afetadas. Em algumas linhagens, ocorre a resistência do tipo horizontal, ou seja, a ferrugem apresenta baixos índices de infecção e desfolha com poucas folhas atacadas e pequeno número de pústulas por folha. Recentemente, devido ao aparecimento de novas raças do fungo *H. vastatrix*, o nível de infecção tem aumentado consideravelmente. A produtividade, em ensaios, tem sido semelhante e em alguns casos, superior àquelas apresentadas pelas linhagens de Catuaí. A seguir são apresentadas as características particulares de algumas linhagens:

- Catucaí 2 SL: apresenta porte baixo e crescimento vegetativo vigoroso. Os frutos são de coloração amarela, maturação média e as sementes de tamanho médio. Em condições de campo, tem se mostrado com baixo nível de infecção por *Phoma tarda* (R.B. Stewart) H. Verm, uma doença fúngica que ataca folhas, flores, frutos novos, extremidades de ramos e botões florais, sendo que a penetração do fungo pode ocorrer no ponto de abscisão das folhas no cinco primeiros nós.

- Catucaí Amarelo 20/15 cova 479: plantas de porte baixo, crescimento vigoroso e boa uniformidade. Os frutos são de coloração amarela, maturação média e sementes de tamanho médio. Também tem apresentado baixo nível de infecção por *P. tarda*.



- Catucaí Amarelo 24/137: plantas uniformes de porte baixo. Frutos de coloração amarela, maturação média e sementes de tamanho médio.

- Catucaí vermelho 785/15: proveniente do cruzamento entre Icatú vermelho 785 e Catuaí Vermelho com objetivo de se obter uma cultivar de porte baixo e resistente a *M. exigua*. Folhas com as bordas bastante onduladas e folhas novas de cor bronze. Frutos de coloração vermelha, maturação muito precoce e uniforme. Porém, é pouco resistente a períodos de estiagem e apresenta baixo vigor vegetativo. Por isso, é recomendado para áreas irrigadas e para regiões de altitude mais elevada visando à colheita mais precoce (Matiello et al., 2009).

### IBC – Palma II

Teve sua origem no híbrido 1148, entre Catuaí e Catimor. Possui característica de bom vigor e de menor diâmetro de copa, facilitando seu uso em sistemas adensados. Plantas com ótima resistência à ferrugem e a estiagens. Os frutos são de tamanho médio a grande com maturação tardia. Apresenta boa produtividade (Matiello et al., 2010).

### Sabiá

Obtida a partir do cruzamento entre Acaiá e Catimor. São plantas de porte baixo, broto verde e ramificação bem compacta. A linhagem mais indicada é a 398, de maturação tardia. Apresenta alta produtividade e bom nível de resistência à ferrugem e vigor. É indicado para sistemas com bom trato nutricional e com irrigação. Também é indicado para regiões de baixa altitude, devido seu estresse e para a floração ocorrer naturalmente, sem necessidade de estresse hídrico (Matiello et al., 2010).

### Acauã

Oriunda do cruzamento entre Mundo Novo IAC 388 – 17 e Sarchimor IAC 1668. As plantas apresentam porte baixo, brotação bronze e com abundante ramificação secundária e terciária (palmetamento) em ramos plagiotrópicos, ficando a copa muito compacta, sendo indicadas distâncias maiores entre as

plantas na linha de plantio. Bons resultados vêm sendo obtidos em plantios adensados, que tornam os cafeeiros mais alongados, com menor palmetamento e resultam em plantas com copa menos embaturramada ou mais aberta contornando assim a característica de excessiva compactação. Os frutos são longos, de coloração vermelha escura com maior percentagem de mocas, com maturação tardia. Tem resistência à ferrugem e ao nematoide *M. exigua*. Apresenta boa produtividade. É indicada para áreas quentes, sujeitas à ferrugem, infestadas por *M. exigua* e para produtores com menor nível tecnológico (Matiello et al., 2010).

#### Bourbon Amarelo JCL 10

Apresenta porte alto e baixo vigor, sentido mais após a carga, com ataque mais severo de cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. e Cooke) e ferrugem. Os frutos são de coloração amarela, maturação precoce e as sementes de tamanho médio. O Bourbon pode ser usado para facilitar a programação da colheita, principalmente nas regiões mais frias, e altitude elevada. Apresenta baixa produtividade. Deste modo, é indicado para regiões especiais, de clima ameno e para produtores que tenham mercado considerável para sua bebida considerada especial de “bouquet” abourbonado, preferida para cafés “gourmets” (IAC, 2012).

#### Iapar 59

Oriunda do cruzamento entre Vila Sarchi 971/10 e Híbrido de Timor 832/2. Apresenta 94% das plantas resistentes às 30 raças de ferrugem e boa produtividade inicial. Os frutos são de coloração vermelha e a maturação é medianamente precoce. Os brotos são de cor predominante bronze. Tem se mostrado a de menor vigor entres os Sarchimores e por isso não tem sido muito indicada. Quando indicada, é para regiões mais frias e chuvosas, para solos mais férteis e para plantios adensados. Tem se mostrado resistente ao *M. exigua* (IAPAR, 2012).

### Oeiras

Obtida por seleção sobre material de Catimor, lançada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), cujas características se assemelham aos demais Catimores/Sarchimores. Apresenta pequeno diâmetro de copa e os brotos são bronzes. As plantas têm perdido o vigor a partir da 3<sup>o</sup> – 4<sup>o</sup> safra e apresentando nível médio de infecção por *H. vastatrix* (EPAMIG, 2012).

### Araponga

Oriunda da hibridação artificial entre a cultivar Catuaí Amarelo IAC 86 e a seleção de Híbrido de Timor UFV 446 – 08. Apresenta produtividade, altura e diâmetro de copa ligeiramente superior ao da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44. Possui bom vigor vegetativo, boa arquitetura e resistência à ferrugem. Apresenta boa qualidade de bebida (EPAMIG, 2012).

### Catiguá MG1 e MG2

Obtidas através de um cruzamento entre o Catuaí Amarelo IAC 86 e uma planta de Híbrido de Timor (UFV 440-10). Ocorreram seleções até a geração F<sub>5</sub>. São resistentes às raças prevalentes de *H. vastatrix*. Possui folhas ligeiramente lanceoladas e os frutos de coloração vermelho intenso quando maduros. Apresenta produtividade semelhante ao Catuaí e boa qualidade de bebida (EPAMIG, 2012).

### IPR 103

Oriunda do cruzamento entre cafeeiros do grupo Icatú e Catuaí. Por meio do método genealógico, foi selecionada a cultivar em geração F<sub>5</sub>. As plantas possuem porte médio, maior vigor que o Catuaí e grande ramificação plagiotrópica secundária. Os frutos são de maturação mais tardia que o Catuaí, de coloração vermelha. Apresenta os brotos de cor bronze-claro. Tolerante à ferrugem do cafeeiro, à necrose dos frutos e possui sistema radicular rústico. A

bebida é de boa qualidade e a produtividade é alta. É adaptada a regiões quentes e solos pobres e a cultivos adensados e semi-adensados (Carvalho, 2008).

#### Pau Brasil

Derivada da hibridação artificial entre a cultivar Catuaí Vermelho IAC 141 e a seleção de Híbrido de Timor UFV 442 – 34. Apresenta boa resistência à ferrugem do cafeeiro e boa adaptação às principais regiões cafeeiras de Minas Gerais e de outros estados, podendo ser recomendada para plantio orgânicos. Produtividade semelhante ao Catuaí vermelho IAC 15 e 144 e alto vigor vegetativo e boa arquitetura (EPAMIG, 2012).

#### Sacramento

Obtida por meio da hibridação artificial entre a cultivar Catuaí Vermelho IAC 81 e a seleção de Híbrido de Timor UFV 438 – 52. Apresenta boa resistência à ferrugem do cafeeiro e produtividade. Apresenta também alto vigor vegetativo e precocidade da capacidade produtiva inicial. Os cafeeiros apresentam porte médio, ramos plagiotrópicos bastante compridos. Os frutos são de coloração vermelha e as folhas novas são verdes ou bronze (Carvalho, 2008).

H 419-10-6-2-5-1, H 419-10-6-2-5-10-1, H 419-10-6-2-12-1 e H 4193-3-716-4-1

São genótipos que estão em fase de estudo e apresentam características semelhantes a cultivar Paraíso. São linhagens obtidas através do cruzamento entre a cultivar Catuaí amarelo e a seleção do Híbrido do Timor. Segundo Carvalho (2008) as plantas da cultivar Paraíso, são resistentes ao agente causal da ferrugem do cafeeiro, apresentando altura, diâmetro e volume de copa inferior ao da cultivar Catuaí Vermelho, porém com produtividades superiores. Os frutos são de coloração amarela de maturação média e boa qualidade de bebida (EPAMIG, 2012).

### IPR e IPR 99

Resultante do cruzamento entre Villa Sarchi e Híbrido do Timor CIFC 832/2. Os frutos são de coloração amarela e de maturação semitardia, apresentando boa qualidade de bebida. As plantas são resistentes a algumas raças de *H. vastatrix*, podendo haver necessidade de controle. As plantas apresentam porte baixo, excelente vigor vegetativo e ramificação abundante. Indicada para plantios adensados (Carvalho, 2008).

### IPR 98 e 104

Oriundas do cruzamento entre Villa Sarchi e Híbrido do Timor CIFC 832/2. Muito produtivas resistentes à ferrugem e de porte baixo. Os frutos da IPR 98 amadurecem depois da cultivar Iapar 59, e assim ela pode contribuir para escalonar a colheita no modelo de cafeicultura adensada e possibilitar ao cafeicultor colher as duas cultivares no ponto ideal de colheita, produzindo um café de boa qualidade. Podem ser cultivados em locais com possibilidades de geadas (IAPAR, 2012).

### IPR 100

Resultante do cruzamento entre Villa Sarchi e Híbrido do Timor CIFC 832/2. Apresenta boa produtividade e porte baixo. Apresenta resistência (homozigota) aos nematóides *M. paranaensis*, *M. incognita* raça 2 e *M. incognita* raça 1. Adaptada às regiões quentes e solos pobres (Eira et al., 2007).

### Vitória Incaper 8142

A cultivar Vitória Incaper 8142 é formada por 13 genótipos, selecionados entre os materiais genéticos do programa de melhoramento do Instituto Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica do Espírito Santo (INCAPER). Os clones foram avaliados em condições experimentais e apresentou características agrônômicas superiores a outros cultivares, como a produtividade média de 70,4 sacas ha<sup>-1</sup> ao longo de 8 safras, estabilidade de produção, tolerância à seca e à ferrugem, uniformidade de maturação e grãos grandes. (Ferrão et al., 2007b)

Contarato et al. (2010), estudando os 13 clones da Cultivar Vitória Incaper 8142 em até 210 dias de cultivo em casa de vegetação, observou desenvolvimento superior para os clones 1V, 2V, 8V, 11V e 13V. Segundo os autores, o desempenho no estágio inicial pode ser diferente entre os clones e estudos envolvendo ambientes são necessários para confirmar esses resultados.

## 2.5. Parâmetros fisiológicos

### Potencial hídrico Foliar

O potencial de água da folha indica o seu estado energético, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera de modo que, variações no potencial hídrico da folha podem afetar a assimilação do carbono da planta (Bergonci et al., 2000). Isto porque, se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese. Presume-se que nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminua a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha reduza a níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (Oren et al., 1999), sendo este nível depende dos fatores genéticos e ambientais. No entanto, o fechamento estomático pode ser induzido por outros fatores sem que haja redução do potencial hídrico foliar.

O potencial da água na folha, medido antes do nascer do sol (antemanhã), é um parâmetro indicativo do armazenamento de água no solo, uma vez que há tendência de equilíbrio entre as condições hídricas da planta e do solo (Silva et al., 2003). O estudo das relações hídricas no cafeeiro é de grande interesse, uma vez que pequena redução na disponibilidade hídrica pode reduzir substancialmente o crescimento e, conseqüentemente, a produção (DaMatta e Rena, 2002).

Potenciais hídricos de até -1,0 MPa não afetam a fotossíntese das folhas do cafeeiro, no entanto é reduzida em 25% quando o potencial diminui para -2,0 MPa. Por outro lado, mesmo com o solo estando na capacidade de campo, nas horas mais quentes do dia o potencial hídrico foliar pode alcançar valores próximos de -1,5 MPa, não diferenciando muito de solos com 50% de água

disponível, sendo o cafeeiro considerado uma espécie relativamente resistente à seca (Mazzafera e Carvalho, 1987).

Medições do potencial hídrico foliar podem fornecer informações que permitem identificar o estado hídrico em que se encontram as plantas. Para a maioria das espécies, o potencial hídrico foliar acompanha as variações diurnas da demanda evaporativa da atmosfera, atingindo um valor máximo logo antes do nascer do sol. Nesse momento, as plantas encontram-se com a máxima turgescência possível para uma dada condição hídrica no solo. Dessa forma, o potencial hídrico de antemanhã tem sido considerado um indicativo do estado hídrico das plantas, bem como da quantidade de água disponível no solo (Larcher, 2004; Taiz e Zeiger, 2009).

No café arábica, a assimilação líquida do carbono é fortemente afetada pela desidratação do solo (DaMatta et al., 1997). Observações nesta espécie, cultivadas em vaso, mostra uma redução gradual na assimilação líquida de carbono e na capacidade fotossintética máxima a partir de potenciais hídricos de antemanhã em torno de -1,0 MPa (Rodrigues, 1988). Uma vez que capacidade fotossintética máxima é medida sob concentração saturante de CO<sub>2</sub> e, portanto, independente de efeitos estomáticos, pode-se inferir que a redução nas taxas fotossintéticas seria determinada, em grande extensão, por menor eficiência carboxilativa ou por maior resistência à difusão do CO<sub>2</sub>, desde as cavidades subestomáticas até os cloroplastos. Por outro lado, a redução observada na fotossíntese em um clone de *C. canephora* foi essencialmente governada por limitações estomáticas em deficiência hídrica severa (potenciais hídricos de antemanhã = -2,7 MPa) de acordo com DaMatta et al. (1997).

Os efeitos combinados do déficit hídrico e das altas irradiância sobre a capacidade fotossintética do cafeeiro podem variar largamente entre cultivares. Nenhuma resposta sinérgica entre estas variáveis foi observada em arábica e robusta, cultivados em vaso, sob deficiência hídrica moderada (potenciais hídricos de antemanhã = -1,5 MPa). No entanto, sob forte déficit hídrico (potenciais hídricos de antemanhã = - 2,7 MPa), valores da capacidade fotossintética máxima para arábica foram da ordem de 1,5 mmol O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, contra cerca de 9 mmol O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> em robusta (DaMatta et al., 1997), evidenciando maior tolerância da maquinaria fotossintética à desidratação de robusta, sob condições de alta irradiância, em relação ao arábica. Por conseguinte, observa-se naquela espécie

o enrolamento da folhagem e alteração de seu ângulo de orientação, interceptando, desse modo, menor fluxo de fótons, com conseqüente redução do potencial fotoinibitório do excesso de luz.

### Trocas gasosas

O movimento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores terrestres. Os estômatos quando abertos permitem a assimilação de CO<sub>2</sub> e fechando-se, conservam água e reduzem o risco de desidratação (Tenhunen et al., 1987). Segundo Larcher (2004) à medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração decresce, como resultado do fechamento dos estômatos. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra as perdas exageradas de água e eventual morte por déficit hídrico.

No cafeeiro, o fechamento dos estômatos tem sido frequentemente considerado como indicador primário do déficit hídrico. Silva et al. (2000), avaliando o efeito da radiação fotossinteticamente ativa e do déficit de pressão de vapor sobre o comportamento estomático de cafeeiros concluíram que a taxa transpiratória diminui com o aumento da resistência estomática durante o dia, e no período de maior demanda atmosférica os cafeeiros irrigados transpiram a uma taxa superior aos não irrigados. Verificaram também que a resistência estomática parece ter sido mais influenciada pela radiação do que pelo déficit de pressão de vapor.

Segundo Costa e Marengo (2007) a produtividade vegetal e funcionamento estomático estão intimamente relacionados, visto que os estômatos controlam a absorção de CO<sub>2</sub> e que em horários quentes a fotossíntese é reduzida devido à queda na condutância estomática. Em conseqüência, é esperada uma redução na concentração interna de CO<sub>2</sub>.

Machado e Lagoa (1994), estudando as trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas, afirmam que o aumento da taxa de fotossíntese provoca queda na concentração interna de CO<sub>2</sub>, exercendo forte efeito retroativo, podendo, conseqüentemente, provocar queda na taxa de fotossíntese.



A transpiração depende principalmente da condutância estomática, a qual reduz de acordo com a incidência de radiação fotossinteticamente ativa e quantidade de água disponível para o vegetal (Bergonci e Pereira, 2002). Os gradientes de pressão de vapor entre folha e ar representam a força motriz para o fluxo de vapor, conseqüentemente afetando o mecanismo estomático e a transpiração (Seixas, 2009). Segundo Taiz e Zeiger (2009), a transpiração é um processo que envolve a evaporação da água da superfície das células do mesófilo para os espaços intercelulares das folhas e a difusão do vapor de água das folhas para o meio.

Os maiores valores de condutância estomática são observados nas primeiras horas da manhã e declinam após 9 – 10 horas da manhã (Barros et al., 1997). A alta sensibilidade estomática do cafeeiro a fatores ambientais como luz, temperatura e déficit de pressão de vapor (DPV) (Kanechi et al., 1996) parece estar associada à resposta na condutância estomática. Entretanto, em virtude da forte interação entre as respostas dos fatores abióticos mencionados, é muito difícil isolar os seus efeitos. De qualquer modo, alguns estudos indicam que a temperatura e o DPV, mas não as radiações fotossinteticamente ativas, quando acima de um valor crítico, são os fatores mais importantes no controle estomático (Nunes, 1988).

A normalização da transpiração para valores correntes de radiações fotossinteticamente ativas e de temperatura mostra efeito acentuado da umidade do ar sobre o fechamento estomático, especialmente quando a umidade do solo é baixa. Por outro lado, altas temperaturas foliares associadas a altos DPV determinam forte redução na condutância estomática, independentemente do potencial hídrico foliar (Barros et al., 1997).

A perda da água diretamente das células-guarda para o ar é um fator preponderante no fechamento estomático e a natureza da epiderme foliar desempenha um papel fundamental na sensibilidade estomática ao DPV. A sensibilidade dos estômatos ao DPV constitui, em curto prazo, um controle fino e eficiente da abertura sob baixa umidade do ar, mas, em longo prazo, a disponibilidade da água do solo parece estabelecer o padrão da abertura estomática máxima (Rena et al., 1994). Todavia, a extrapolação das taxas de transpiração em nível foliar para a planta inteira é problemática, uma vez que, na medida em que a folha transpira a umidade em seu entorno aumenta e, desse

modo, há um desacoplamento entre a pressão de vapor na superfície da folha e no ar turbulento, alterando, em última análise, a condutância da camada limítrofe (Meinzer et al., 2001).

Os valores máximos de taxas fotossintéticas registrados em cafeeiros giram em torno de 7 a 12  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Rena, et al., 1994). Segundo Nunes et al. (1969), os valores das taxas de fixação de dióxido de carbono de plantas de *C. canephora* são, em geral, inferiores aos de *C. arabica*. Pouco se sabe os mecanismos que explicariam as magnitudes das taxas fotossintéticas do cafeeiro, mas, aparentemente, uma alta resistência à difusão do  $\text{CO}_2$ , desde a atmosfera até os sítios de carboxilação, poderia ter papel preponderante (DaMatta et al., 2001).

O café, em exposição às baixas temperaturas apresenta uma redução na taxa fotossintética o que pode ser atribuído às reduções na condutância estomática, degradação de pigmentos do complexo coletor e perda de eficiência fotoquímica, aumento dos danos e redução de reparação em nível de fotossistema I (PSI) e fotossistema II (PSII), restrições no transporte de elétrons, atividade enzimática e metabolismo dos carboidratos e aumento de permeabilidade da membrana do cloroplasto (Partelli et al., 2010a). Porém, fortes decréscimos nas taxas fotossintéticas, ocorrem principalmente em virtude da redução da eficiência de carboxilação como foi relatado por Bauer et al. (1985) em *C. arabica*.

#### Fluorescência da clorofila *a*

As técnicas para avaliação da fluorescência da clorofila são uma ferramenta sensível que permite verificar a atividade do transporte de elétrons da fase fotoquímica e fornecer uma análise detalhada da inibição desta fase da fotossíntese (Torres Netto, 2005). Esta técnica permite identificar o funcionamento nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, região onde estão situadas as proteínas específicas no processo de captação de luz, e que provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência (Ribeiro et al., 2003; Baker e Rosenqvist, 2004). Desta forma, torna-se possível avaliar precocemente os efeitos de diferentes estresses, antes que os sintomas relacionados se tornem perceptíveis por outros métodos (Meyer e Genty, 1999). Dessa forma os estudos

da reação das plantas submetidas às condições extremas de temperatura tornam-se menos invasivo e permite a extrapolação dos resultados às condições naturais fornecendo ou ampliando informações sobre o funcionamento do aparelho fotossintético (Oliveira et al., 2002b).

As principais variáveis observadas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são: fluorescência inicial, basal ou mínima ( $F_0$ ) que é a fluorescência quando todos os centros de reação estão abertos, fluorescência máxima ( $F_m$ ) que é a fluorescência quando todos os centros de reação estão fechados, fluorescência variável ( $F_v$ ) que é determinada pelo estado do centro de reação (aberto ou fechado), eficiência ou rendimento quântico máximo do PSII ( $F_v/F_m$ ) e, índice de desempenho ou performance (PI) (Strasser et al., 2004). Folhas de plantas saudáveis apresentam valores de  $F_v/F_m$  em torno de 0,75 - 0,9 (Björkman e Demmig, 1987).

A habilidade em manter elevadas razões  $F_v/F_m$  sob estresses pode ser um indicativo de eficiência no uso da radiação pela etapa fotoquímica e, conseqüentemente, a assimilação de carbono, assim como uma resposta relativamente rápida de  $F_v/F_m$  aos estresses moderados podem ser um traço importante na seleção de variedades, podendo ser utilizada como ferramenta para diagnosticar a integridade do aparato fotossintético frente às condições desfavoráveis (Silva et al., 2007). Oliveira et al., (2002b) encontraram reduções na relação  $F_v/F_m$  em mudas de *C. arabica* cv. Catuaí Amarelo com redução da temperatura ( $10 \pm 3$  °C).

Creencia e Bramlage (1971) citado por Oliveira et al. (2002b) consideram que, apesar da primeira consequência, em algumas situações, ser a redução nos valores da relação  $F_v/F_m$ , o dano causado por baixa temperatura não é restrita ao aparelho fotossintético. Um aspecto relevante, sobre o efeito por baixas temperaturas sobre a atividade fotossintética, é a alteração física das membranas, a qual está distribuída e organizada no cloroplasto, apoiando o transporte de elétrons.

### Pigmentos fotossintéticos

Os pigmentos fotossintéticos são moléculas, encontradas no cloroplasto, que absorvem e emitem luz, mudando seu estado eletrônico, sendo também

conhecidas como fotorreceptoras, pois absorvem e processam a energia luminosa em uma forma que pode ser usada pela planta. Assim, após absorver os fótons, esses pigmentos podem dissipar o excesso de energia proveniente da luz por meio de quatro formas competitivas: *dissipação fotoquímica* (utilizada pela fotossíntese), *fluorescência* (re-emissão na forma de luz), *conversão direta de energia* (retorno da clorofila ao seu estado base sem ocorrer emissão de fótons) e *dissipação não fotoquímica* (re-emissão na forma de calor) (Taiz e Zeiger, 2009).

Os mais importantes pigmentos absorvedores de luz nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos são as clorofilas, porém, pigmentos acessórios como os carotenóides também são capazes de absorver luz em comprimentos de onda diferentes daqueles absorvidos pelas clorofilas e, portanto, são receptores suplementares de luz (Lehninger, 1995).

Durante a exposição a baixas temperaturas as taxas fotossintéticas no cafeeiro reduzem o que pode levar à formação de espécies reativas de oxigênio as quais podem danificar o aparelho fotossintético e as células do tecido foliar. Segundo Oliveira et al. (2002b), o acúmulo de pigmentos fotossintéticos nestas condições pode ser um dos fatores responsável pela diminuição da peroxidação lipídica.

Os carotenóides têm um papel importante no complexo de captação de luz e na fotoproteção dos fotossistemas. Vários estudos têm mostrado que estes compostos são muito importantes para proteger o aparelho fotossintético de danos causados pelo excesso de luz, por meio do ciclo das xantofilas (Ort, 2001). Neste, a violaxantina é epoxidada para dar origem a anteroxanthin e, finalmente, a zeaxantina. Esta última participa intensamente na regulação de dissipação de energia do PSII, quando este tem uma sobrecarga energética (Ramalho et al., 2003).

As metodologias utilizadas para a extração de clorofila em materiais vegetais são quase sempre com base em métodos destrutivos de tecido foliar usando solventes orgânicos sendo que, durante a extração e diluição, podem ocorrer perdas significativas alterando os resultados (Torres e Netto, et al., 2005).

Métodos alternativos não destrutivos, com medidores portáteis de clorofilas vêm sendo empregados, permitindo leituras instantâneas do teor relativo de clorofilas na folha, baseados na absorvância e/ou refletância da luz pelas folhas, permitindo uma avaliação do tecido foliar diretamente no campo (Argenta

et al., 2001). O medidor portátil apresenta leitura SPAD (*Soil Plant Analytical Division Value*) em unidades arbitrárias na faixa de 0 a 99,9 (Amarante et al., 2008).

Torres Netto et al. (2005) obtiveram alta correlação entre pigmentos fotossintéticos (Clorolifa *a*, *b* e carotenóides) e valores de leitura de SPAD concluindo que esta ferramenta é útil para diagnosticar a integridade do aparelho fotossintético de folhas de café.

#### Massa foliar específica (MFE)

Baixas temperaturas podem alterar a anatomia foliar do cafeeiro como observado por Carvalho et al. (1998) que verificou aumento na espessura das lâminas foliares das plantas do cultivar Conilon devido a aumentos que ocorreram nos tecidos parenquimáticos. A resposta inicial à injúria de frio, segundo Bandurski et al. (1953), ocorre nas células dos tecidos parenquimáticos do mesofilo, as quais são mais susceptíveis ao frio do que a epiderme. A partir disso, sugere-se que o aumento na espessura dos tecidos parenquimáticos pode ser explicado por aumento em expansão das células parenquimáticas, e talvez também por aumento na espessura das paredes celulares e aumento no volume de espaços intercelulares (Carvalho et al., 1998).

Desta forma, parâmetros que possam identificar mudanças anatômicas e morfológicas ocorridas na folha do cafeeiro, como a MFE, durante a exposição às baixas temperaturas podem auxiliar na caracterização dos mecanismos de adaptação do cafeeiro.

Segundo Cruz et al. (2004) a MFE representa a quantidade de massa seca por unidade de área da folha, estimando a proporção relativa da superfície assimilatória e os tecidos de sustentação e condutores da folha (espessura). A MFE apresenta correlação com a fotossíntese líquida e produção (Pearce et al., 1969) e desta forma vem igualmente sendo usada como marcador em programas de melhoramento genético em algumas espécies (Yin et al., 1999).

Em diferentes variedades de soja, Dornhoff e Shibles (1970) sugerem que a massa foliar específica pode ser aceitável como índice de seleção para melhoria das taxas fotossintéticas, uma vez que a taxa fotossintética líquida correlacionou-se positivamente com essa característica morfológica.

## Aspetos fisiológicos do cafeeiro sob baixas temperaturas

Temperaturas extremas, dependendo de sua intensidade e duração, prejudicam os processos metabólicos da célula (por exemplo, a fotossíntese), crescimento e sobrevivência de plantas, bem como a sua exploração econômica. Como para qualquer outra espécie, o café exibe uma diversidade de mecanismos de aclimatação para evitar e suportar essas restrições, desenvolvido dentro dos limites genéticos. A eficácia desses mecanismos determinará a capacidade para lidar com tais condições ambientais, assim definindo limites de distribuição de espécies e genótipos. Na verdade, a temperatura pode limitar a exploração econômica bem sucedida do café, pois o crescimento do cafeeiro é particularmente afetado pelas altas e baixas temperaturas (Silva et al., 2004).

Baixas temperaturas interferem no processo da fotossíntese de várias maneiras. Elas reduzem a eficiência da condutância estomática, a eficiência fotoquímica do PSII, a eficiência dos tilacóides no transporte de elétrons e na taxa de atividade das enzimas do metabolismo de carbono, bem como os sistemas de pigmento dos complexos fotossintéticos e lipídeos de membrana (Suzuki et al., 2008). No entanto, os cafeeiros possuem mecanismos de defesa/adaptação por meio da alteração quantitativa e qualitativa dos lipídeos membranares, aumento da capacidade de dissipação do excesso de energia, reforço na produção de enzimas antioxidantes e outros que lhe conferem uma maior tolerância às baixas temperaturas e uma melhor recuperação após o fim de um período de estresse, com intensidades distintas entre espécies do gênero *coffea* (Fortunato et al., 2010).

O cafeeiro é particularmente sensível ao frio, especialmente *C. arabica*, *C. canephora* e *C. dewevrei* (Ramalho et al., 2003), que são responsáveis por mais de 99% da produção mundial de café. Trabalhos anteriores mostraram que abaixo de 18 °C a fotossíntese é fortemente reduzida (Ramalho et al., 2003), enquanto que temperaturas em torno de 4 °C deprime de forma dramática o desempenho e rendimento fotossintético (Silva et al., 2004). No entanto, em exposição gradual a baixas temperaturas positivas existe a possibilidade de aclimatação fotossintética em alguns genótipos de café (Batista-Santos et al., 2011), o que pode estar relacionado, entre outros, com a manutenção da atividade respiratória (et al., 2010a).

Muitas vezes, o estresse oxidativo ocorre quando as plantas permanecem sob condições ambientais adversas (seca, alta irradiância, temperaturas extremas e deficiência nutricional), devido às mudanças no equilíbrio na captura de energia luminosa e no seu uso (Fortunato et. al., 2010). Isso poderia ser explicado por uma diminuição na condutância estomática, que limita o acesso de CO<sub>2</sub> para os sítios de carboxilação, ocasionando uma diminuição global na taxa de reações químicas, deficiências específicas da cadeia de transporte de elétrons e principais enzimas metabólicas como a ribulose-1,5-bisfosfato carboxylase - oxygenase – (Rubisco). Esses impactos diminuí o uso da energia e produzem um desequilíbrio entre a energia absorvida no nível nos complexos coletores (LHCs) e sua utilização por meio da etapa fotoquímica.

Estas condições aumentam a probabilidade da transferência de energia de excitação da clorofila para O<sub>2</sub>, produzindo <sup>1</sup>O<sub>2</sub> que por sua vez podem originar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e OH. Estas formas altamente reativas são chamadas espécies reativas de oxigênio (ROS) e são responsáveis por estresse oxidativo celular, provocando danos extensos nas células (Perl-Treves e Perl, 2002). Com acúmulo dessas espécies, ocorrem danos como peroxidação lipídica, branqueamento de pigmentos, degradação de proteínas, degradação do DNA e inativação de enzimas (Niyogi, 1999). Isso reduz ainda mais a utilização de fótons, reforçando assim a geração dessas moléculas.

Desta forma, a produção de ROS deve ser mantida sob estrito controle e uma maior expressão de moléculas antioxidantes é, portanto, de importância primordial (Fortunato et. al., 2010).

Assim, as plantas necessitam desenvolver mecanismos que diminuem a produção de ROS e seus efeitos. Neste aspecto, as plantas podem reduzir a captura de energia, sendo uma forma altamente eficaz de evitar uma sobrecarga de energia do cloroplasto. Isto pode ser conseguido por meio de movimentos das folhas, movimento de cloroplastos na célula para o lado oposto a incidência de luz, diminuição do conteúdo de clorofilas, etc. Esses mecanismos podem diminuir a absorção da radiação incidente em até 40% (Karpinski et al., 2002).

Além disso, a manutenção do metabolismo respiratório é também de grande importância, uma vez que permite a produção de energia e de intermediários metabólicos necessários para a reparação de processos que são cada vez mais importantes sob condições de baixas temperaturas. Em plantas

sensíveis ao frio, a respiração é fortemente afetada devido à inibição de várias enzimas, que leva a um declínio exponencial das taxas respiratórias com a diminuição de temperaturas (Partelli et al., 2010a).

Outra forma de reduzir as ROSs seria aumentar o uso fotoquímico ou a capacidade de dissipação de energia por meio do reforço dos componentes de transporte de elétrons nos tilacóides, Rubisco, etc., permitindo a manutenção de estado de redução dos tilacóides (Kornyeyev et al., 2001). Isso inclui o mecanismo de migração de LHCs entre PSII e PSI que permite uma melhor redistribuição da energia de excitação (Karpinski et al., 2002). Outros mecanismos de dissipação incluem a fotorrespiração, transporte cíclico de elétrons e o ciclo das xantofilas (Cai et al., 2007).

Estudos com vasos de plantas de vários genótipos de café, submetidos a baixas temperaturas positivas (Campos et al., 2003) mostrou que Icatú (um híbrido de *C. arabica* x *C. canephora*) exibiu melhor capacidade de aclimação ao frio do que os outros genótipos estudados. Isso poderia estar relacionado com a manutenção (ou aumento) da saturação de ácidos graxos na membrana lipídica e o reforço do sistema antioxidante (observado também em Catuaí). Na verdade, um maior nível de saturação de ácido graxo deixa as membranas mais resistentes a peroxidação, pois é o substrato preferencial para o ataque das ROS. Alterações nas plantas de café permitem manter uma maior atividade fotossintética devido a uma estrutura organizada e funcional de membrana (ainda mais rígida) menos sensível à ROS (DaMatta e Ramalho, 2006).

Apesar de alguns trabalhos indicarem uma maior sensibilidade ao frio de *C. arabica* do que *C. canephora*, este último é geralmente menos capaz de aclimatar (DaMatta, 2004). Ramalho et al. (2003) trabalhando com *C. canephora* cv. Apoatã observaram uma diminuição acentuada em fotossíntese líquida, abertura estomática, rendimento quântico fotossintético e taxa de transporte linear de elétrons sob condições de estado estacionário abaixo de 19 e 14°C (dia-noite), quando comparado com *C. arabica* cv. Catuaí.

Segundo Batista-Santos et al. (2011), a expressão diferencial dos genes desencadeada pelo frio em café tem sido observada, como para alguns genes quitinases, lipoxigenase e metalotioneína (que ajudará também no controle de estresse oxidativo). Particular atenção foi dada à acumulação e transcrição de RNA para chitinase, desde a acumulação desta proteína no apoplasto da planta e



sua atividade anticongelante (Kasprzewska, 2003). Resultados preliminares mostram que a expressão de genes chitinase (cachi3-1, cachi3-2 e cachi4-1) pode desempenhar um papel na aclimação ao frio, agindo em conjunto ou servindo de suporte para a ação de outros genes (Santos et al., 2004).

A tolerância a baixas temperaturas positivas baseia-se na manutenção do equilíbrio em uma rede complexa de mecanismos que permitem às plantas regular o metabolismo fotossintético (Karpinski et al., 2002), concomitantemente com o disparo de mecanismos de reparação e proteção. Desta forma, durante a exposição ao frio, deficiências reversíveis devem dominar, sendo a aclimação apoiada por meio do fortalecimento da capacidade de enzimas-chaves (por exemplo, rubisco, enzimas do processo respiratório), promoção das características adequadas das membranas lipídicas (por exemplo, baixa insaturação dos ácidos graxos) e, principalmente, com o reforço dos mecanismos antioxidantes (por exemplo, através do aumento de zeaxantina), todos eles relacionados com expressão diferencial dos genes (DaMatta e Ramalho, 2006).

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CAFÉ ARÁBICA NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

##### RESUMO

Entre as ferramentas tecnológicas aplicáveis, o uso de genótipos melhoradas pode contribuir para mudar o atual cenário do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, aumentando a produtividade da cafeicultura no estado. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características vegetativas e produtivas de 25 genótipos de café arábica, visando, indicação de uma ou mais genótipos para a Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. O experimento foi instalado em 2007 na Fazenda Panorama 1 no Município de Varre Sai – RJ no espaçamento de 2,5 x 0,8m, sendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, constando oito plantas cada repetição. Foram realizadas avaliações do desenvolvimento vegetativo (altura, diâmetro do caule, e o número de ramos plagiotrópicos) e a produtividade nos biênios 2009/2010 e 2011/2012. Foi realizada também a classificação por peneira na colheita de 2011, para cada

genótipo. As variáveis foram submetidas à Análise de Variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Também foram estimados os coeficientes de correlação de Person entre as variáveis de crescimento e produtividade. Os genótipos que se destacaram positivamente quanto à produtividade foram: Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02 , Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137 e Catucaí Amarelo 20/15.

## ABSTRACT

### AGRONOMIC PERFORMANCE OF ARABICA COFFEE IN NORTHWEST RIO DE JANEIRO STATE

Among the technological tools applicable, the use of improved genotypes can help to change the scenery current of the Northwest Rio de Janeiro State, increasing productivity of coffee in the state. Thus, the objective of this study is to evaluate the production of 25 genotypes of arabica coffee in order to indicate, in the future, one or more genotypes to the Northwest Rio de Janeiro State. The experiment was installed in 2007 at Panorama 1 Farm at Varre e Sai City- RJ spaced at 2.5 x 0.8 m, and the experimental design was completely randomized with five replications and eight plants per plot. Evaluations were made of vegetative growth (height, stem diameter, and number of plagiotropic branches) and productivity in the biennia 2009/2010 and 2011/2012. Also was classified by sieve harvest of 2011, for each genotype. The variables were subjected to ANOVA and means grouped by Scott Knott test at 5% probability. Also, were estimated the coefficients of Pearson correlation between the variables of growth and productivity. The best genotypes, considering the productivity variable were: Catucaí Amarelo 2 SL,

Catiguá MG 02, Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137 and Catucaí Amarelo 20/15.

## INTRODUÇÃO

O Rio de Janeiro que já foi o maior produtor nacional produziu na última safra apenas 262,2 mil sacas de 60 quilos de café arábica ocupando uma área de aproximadamente 15 mil hectares (CONAB, 2013). Além de problemas fitossanitários como a ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) e nematoide das galhas (*Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887) (Barbosa et al., 2007) a manutenção de lavouras velhas e depauperadas, bem como a ausência de tecnologias mais compatíveis, como, por exemplo, o plantio de cultivares melhoradas, contribuíram para a decadência da cultura no Estado (Rodrigues et al., 2012).

Os programas de melhoramento genético do café têm desenvolvido cultivares com o objetivo de aumentar a produtividade, agregar características agronômicas de resistência às pragas e doenças, e desenvolver plantas com porte baixo e adaptadas às diversas condições de clima e solo (Petek et al., 2006), e também plantas que produzam frutos de qualidade. No entanto, como no Brasil as regiões cafeeiras apresentam diferentes condições climáticas, as respostas das cultivares diferem em diferentes ambientes, devido à interação genótipo-ambiente (Cucolotto et al., 2007). Assim, apesar do grande número de cultivares disponíveis, não se conhece a resposta destes materiais nas diferentes regiões cafeeiras do país.

No Brasil, no período de 1999 a 2007, foram lançadas 104 cultivares melhoradas de cafeeiro (Brasil, 2010). Desse total, 49 possuem resistência vertical ou horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk e Br., sendo 17 originadas de cruzamentos com acessos do Híbrido de Timor. Porém, ainda não existem estudos de adaptabilidade e avaliação do comportamento agrônomo destas cultivares nas diversas regiões cafeeiras (Paiva et al., 2010).

Genótipos cultivados em diversos ambientes podem apresentar desempenhos diferenciados, sendo a interação Genótipo x Ambiente um importante parâmetro para avaliação e recomendação de genótipos. A implantação de lavouras com genótipos pouco produtivos resulta em prejuízo para o produtor, que só será percebido depois de decorridos três a quatro anos (Matiello e Almeida, 1997).

O estudo regionalizado torna-se importante ferramenta para determinar a viabilidade de novas cultivares a fim de minimizar riscos futuros que venham causar prejuízos aos produtores. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características vegetativas e produtivas de 25 genótipos de café arábicas, visando, no futuro, indicar uma ou mais cultivares para a região Noroeste do Rio de Janeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização

O experimento foi instalado em 2007 na Fazenda Panorama 1 no Município de Varre Sai – RJ, em Latossolo Vermelho Amarelo, localizado à - 20° 56' 10" Latitude e - 41° 54' 43" Longitude, com altitude de 780 metros (Google Earth, 2010).

### Genótipos utilizados no experimento

As sementes dos genótipos de *C. arabica* utilizadas no experimento foram adquiridas junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Para a formação das mudas, foram utilizados sacos de polietileno de 11 cm x 22 cm e o substrato formado a partir de uma mistura, na base de volume, de 700 litros de terra de subsolo com 300 litros de esterco de curral previamente

curtido, adicionando-se à mistura (1000 litros) 5 kg de superfosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ) e 0,5 kg de cloreto de potássio (60%  $K_2O$ ) conforme recomendação de Thomaziello et al. (2000). Tanto as adubações, a partir da análise de solo (Tabela 1), como os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com Matiello et al. (2005).

### Delineamento experimental

Foram avaliados 25 genótipos (Tabela 2) no espaçamento de 2,5 x 0,8m, sem irrigação, sendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, constando oito plantas cada repetição, sendo todas avaliadas, totalizando 1000 plantas. A bordadura do experimento foi composta pelo genótipo Acauã, no mesmo espaçamento. Foram realizadas avaliações do desenvolvimento vegetativo utilizando régua graduada para medição da altura, paquímetro digital Starret® para medição do diâmetro de caule em nível do solo, e a contagem manual do número de ramos plagiotrópicos. Foram avaliadas as produtividades do biênio 2009/2010 referentes às colheitas do ano de 2009 e 2010 e do biênio 2011/2012 referentes às colheitas dos anos de 2011 e 2012, realizada quando as plantas apresentavam 80% dos frutos maduros (cereja). O volume colhido foi transformado em sacas beneficiadas/ha ( $sc\ ha^{-1}$ ), pelo uso da escala de 480 litros de café cereja colhido para uma saca beneficiada de 60 kg.

A classificação por peneira foi realizada a partir de amostras obtidas na colheita de 2011, sendo três repetições para cada genótipo. O café foi colhido e levado à unidade de processamento da Fazenda Panorama1, onde se procederam à lavagem e separação em café verde, cereja e bóia. O Café cereja foi descascado e despulpado e retirou-se um litro deste o qual foi encaminhado para o Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, onde foi submetido à secagem em estufa (45 °C) até atingir umidade em torno de 12%. Atingido o teor de umidade, 200 gramas de cada amostra foram retirados para proceder à classificação.

Tabela1 – Análise de solo referente ao ano de 2009 e 2011 da área onde foi instalado o experimento

Ano	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + AL	Na	C	MO	S.B.	T	t	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B
		mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%		mg/dm <sup>3</sup>						
2009	5,1	4	51	0,8	0,3	1,2	7,4	0,02	1,56	26,9	1,3	8,7	2,5	49	14	117	0,9	1,1	2,8	2,8	0,12
2011	5,1	16	98	1,6	0,5	0,2	7,1	0,04	1,78	30,7	2,4	9,5	2,6	8	25	96,6	0,7	1,7	1,5	35,7	0,60

Tabela 2 – Origem e procedência (Proc) dos genótipos de *C. arabica* utilizados no experimento

Genótipo	Origem	Proc
Catuaí Vermelho 785/15	Icatú Vermelho x Catuaí Amarelo	Procafé
Catuaí Amarelo 2 SL	Icatú Vermelho x Catuaí Amarelo	Procafé
IPR/lapar	Villa Sarchi x Híbrido do Timor	lapar
Catiguá MG 02	Catuaí Amarelo 86 x Híbrido do Timor	Epamig
IPR 99/lapar	Villa Sarchi x Híbrido do Timor	lapar
Acauã	Mundo Novo 388 -17 x Sarchimor 1668	Procafé
Aroponga MG 01	Catuaí Amarelo 86 x Híbrido do Timor	Epamig
Palma II	Catuaí x Catimor	IBC
Sabiá 398	Acaiá x Catimor	Procafé
IPR 103/lapar	Icatú x Catuaí	lapar
IPR 100/lapar	Villa Sarchi x Híbrido do Timor	lapar
H-4193-3-3-716-4-1	Catuaí Amarelo x Híbrido do Timor	Epamig
H-419-10-6-2-12-1	Catuaí Amarelo x Híbrido do Timor	Epamig
Catuaí Amarelo 24/137	Icatú Vermelho x Catuaí Vermelho	Procafé
lapar 59	Villa Sarchi x Híbrido do Timor	lapar
Oeiras	Seleção de Catimor	Epamig
Catuaí Vermelho144	Caturra Amarelo 7476 x Mundo Novo 374	IAC
Catuaí Amarelo 20/15	Icatú Vermelho x Catuaí Vermelho	Procafé
Catiguá MG 01	Catuaí Amarelo 86 x Híbrido do Timor	UFV
H-419-10-6-2-5-10-1	Catuaí Amarelo x Híbrido do Timor	Epamig
IPR104/lapar	Villa Sarchi x Híbrido do Timor	lapar
Sacramento MG 01	Catuaí Vermelho 81 x Híbrido do Timor	Epamig
Bourbon Amarelo JCL 10	BourbonVermelho x Amarelo de Botucatu	IAC
Pau Brasil	Catuaí Vermelho 141 x Híbrido do Timo	Epamig
H-419-10-6-2-5-1	Catuaí Amarelo x Híbrido do Timor	Epamig



Para determinação da granulometria, pesou-se 100 g de grãos de café de cada amostra, isenta de defeitos, que foram colocados sobre as peneiras (Brasil, 2003). Após a passagem pelas peneiras, foram classificados em grão chato (retidos na peneira 16 acima) e em grãos moça (retidos na peneira 11), sendo pesado o volume contido na peneira e expressando-se o resultado em porcentagem.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Também foram estimados os coeficientes de correlação de Person entre as variáveis de crescimento e produtividade. Todas as análises foram realizadas com auxílio do Programa de Análises Estatísticas Genes (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostra que houve diferenças significativas para todas as variáveis avaliadas (Tabela 3).

Para a variável altura de planta, o genótipo Bourbon Amarelo foi o que apresentou a maior altura entre os genótipos, seguido pelo Catucaí Amarelo 2 SL (Tabela 4). No grupo intermediário, encontram-se os genótipos Catucaí Vermelho 785/15, Catiguá MG 02, Catucaí Amarelo 24/137, Catucaí Amarelo 20/15, Catiguá MG 01 seguidos pelo Acauã, Araponga MG 01, Palma II, IPR 100, H 4193-3-3-716-4-1, Catucaí Vermelho 144 e Pau Brasil. Os genótipos IPR, IPR 99, Sabiá 398, IPR 103, H-419-10-6-2-12-1, Iapar 59, Oeiras, H-419-10-6-2-5-10-1, IPR104, Sacramento MG 01 e H-419-10-6-2-5-1 ficaram no grupo de médias inferiores (Tabela 4). O Bourbon Amarelo apresenta-se 73,2 cm mais alto do que o genótipo mais baixo (Sabiá 398). A redução da altura das plantas, viabilizando o adensamento e a colheita mecânica bem como facilitando os tratamentos fitossanitários, principalmente aqueles voltados para a ferrugem, têm sido relevante nos programas de melhoramento.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação da altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm), número de ramos plagiotrópicos, dos biênios 2009/2010 e 2011/2012, dos grãos retidos na peneira 16 (%), e dos grãos moca (%) de 25 genótipos de café implantados no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

		QM		
FV	GL	Altura	Diâmetro	Nº de ramos
Genótipo	24	1531,42**	132,83**	359,69**
Resíduo	100	74,19	17,91	39,71
CV		4,20	8,36	7,82
Média geral		204,99	50,58	80,58

		QM	
FV	GL	Biênio 2009/2010	Biênio 2011/2012
Genótipo	24	919,54**	1363,85**
Resíduo	100	316,04	497,131
CV		21,33	27,68
Média geral		83,35	80,54

		QM	
FV	GL	Peneira	Moca
Genótipo	24	92,12**	471,57**
Resíduo	50	8,75	36,13
CV		16,98	8,65
Média geral		17,41	69,44

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Para o diâmetro de colo, os genótipos Bourbon Amarelo e Catiguá MG 01 ficaram no grupo de médias superiores, seguidos pelo Catiguá MG 02. Em seguida, encontram-se os genótipos Catucaí Vermelho 785/15, Catucaí Amarelo 2 SL, IPR 99, Acauã, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137, Iapar 59, Sacramento e Pau Brasil. Os genótipos IPR, Araçonga MG 01, Palma II, H-4193-3-3-716-4-1, H-419-10-6-2-12-1, 16-Oeiras, Catucaí Vermelho 144, Catucaí Amarelo 20/15, H-419-10-6-2-5-10-1 e IPR104 ficaram no grupo de médias inferiores (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias de altura da planta, do diâmetro do colo e do número de ramos plagiotrópicos de 25 genótipos de café implantados no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

Genótipos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Nº de ramos
1-Catucaí Vermelho 785/15	213,60 c	53,90 c	76,40 d
2-Catucaí Amarelo 2 SL	240,40 b	51,64 c	72,10 d
3-IPR	195,20 e	47,88 d	77,40 d
4-Catiguá MG 02	219,40 c	56,86 b	81,58 c
5-IPR 99	186,40 e	49,86 c	78,00 d
6-Acauã	201,00 d	50,86 c	85,20 c
7-Araponga MG 01	205,60 d	48,42 d	82,00 c
8-Palma II	210,60 d	45,92 d	80,40 c
9-Sabiá 398	184,60 e	49,44 c	85,20 c
10-IPR 103	197,40 e	51,48 c	86,40 c
11-IPR 100	205,80 d	49,34 c	86,80 c
12-H 4193-3-3-716-4-1	206,20 d	47,44 d	75,80 d
13-H 419-10-6-2-12-1	194,00 e	44,90 d	84,40 c
14-Catucaí Amarelo 24/137	223,80 c	49,54 c	92,00 b
15-Iapar 59	185,00 e	52,94 c	76,60 d
16-Oeiras	194,60 e	45,86 d	60,00 e
17-Catuaí Vermelho 144	203,60 d	48,32 d	89,00 c
18-Catucaí Amarelo 20/15	216,40 c	45,96 d	66,00 e
19-Catiguá MG 01	217,40 c	62,34 a	100,00 a
20-H 419-10-6-2-5-10-1	195,40 e	45,72 d	69,60 e
21-IPR104	189,40 e	47,08 d	76,20 d
22-Sacramento	192,80 e	54,84 c	76,80 d
23-Bourbon Amarelo JCL 10	257,80 a	66,34 a	86,00 c
24-Pau Brasil	200,40 d	50,16 c	85,60 c
25-H 419-10-6-2-5-1	188,00 e	47,46 d	84,80 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Em relação ao número de ramos plagiotrópicos, o genótipo Catiguá MG 01 apresentou a maior média, seguido pelo Catucaí Amarelo 24/137. Os genótipos Acauã, Araponga MG 01, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, H-419-10-6-2-12-1, Catucaí Vermelho 144, Bourbon Amarelo e Pau Brasil ficaram no terceiro grupo de médias e os genótipos Catucaí Vermelho 785/15, Catucaí Amarelo 2 SL, IPR, H-4193-3-3-716-4-1, Iapar 59, IPR104 e Sacramento ficaram no grupo de médias inferiores (Tabela 4).

A variabilidade para as características vegetativas provavelmente ocorreu devido aos efeitos genéticos de cada material em associação com o ambiente (condições climáticas e espaçamento) indicando a necessidade de interpretação e recomendação, para a referida região, com base no manejo adotado no experimento.

O principal critério de seleção em cafeeiro é a produtividade (Srinivasan, 1982). Outras características agronômicas ligadas ao potencial produtivo tem sido estudadas com objetivo de aumentar a eficiência da seleção indireta (Severino et al., 2002).

Para produtividade no biênio 2009/2010, os genótipos Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02, Acauã, Palma I, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, H-419-10-6-2-12-1, Catucaí Amarelo 24/137, Iapar 59, Catucaí Amarelo 20/15, H-419-10-6-2-5-10-1 e H-419-10-6-2-5-1 ficaram no grupo de médias superiores (Tabela 5). No biênio 2011/2012 os genótipos Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02, Acauã, Araponga MG 01, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, H-4193-3-3-716-4-1, H-419-10-6-2-12-1, Catucaí Amarelo 24/137, Oeiras, Catucaí Vermelho 144, Catucaí Amarelo 20/15, H-419-10-6-2-5-10-1, IPR104, Sacramento MG 01, Pau Brasil e H-419-10-6-2-5-1 ficaram no grupo de média superior (Tabela 5).

Os genótipos Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02, Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, H-419-10-6-2-12-1, Catucaí Amarelo 24/137, Catucaí Amarelo 20/15, H-419-10-6-2-5-10-1 e H-419-10-6-2-5-1 ficaram no grupo de médias superiores nos dois biênios (Tabela 5). Estes genótipos se destacaram porque apresentaram menor efeito de bienalidade, caracterizada pela alternância anual de altas e baixas produtividades, ou se apresentaram, tiveram uma boa recuperação.

Tabela 5 – Médias de produtividade (saca de 60 kg ha<sup>-1</sup>) dos biênios 2009/2010 e 2011/2012, grãos retidos na peneira 16 e de grãos moca provenientes de 25 genótipos de café implantados na Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

Genótipos	Biênio 2009/2010	Biênio 2011/2012	% peneira 16 acima	% moca
1-Catucaí vermelho 785/15	61,77 b	48,99 b	82,00 a	16,00 c
2-Catucaí Amarelo 2 SL	89,86 a	84,37 a	83,00 a	18,00 c
3-IPR	71,31 b	67,32 b	72,00 b	15,00 c
4-Catiguá MG 02	115,00 a	83,85 a	69,66 b	14,00 c
5-IPR 99	81,93 b	64,85 b	87,00 a	14,00 c
6-Acauã	89,58 a	78,12 a	67,66 b	25,66 b
7-Araponga MG 01	71,95 b	75,52 a	82,33 a	14,00 c
8-Palma II	91,63 a	85,68 a	73,00 b	23,00 b
9-Sabiá 398	97,78 a	103,52 a	71,33 c	11,66 c
10-IPR 103	103,61 a	90,36 a	81,66 a	12,66 c
11-IPR 100	92,50 a	87,37 a	82,66 a	17,66 c
12-H 4193-3-3-716-4-1	81,39 b	77,08 a	77,33 a	16,33 c
13-H 419-10-6-2-12-1	84,17 a	82,94 a	51,00 c	22,33 b
14-Catucaí Amarelo 24/137	91,11 a	104,17 a	78,00 a	14,33 c
15-Iapar 59	87,68 a	58,85 b	67,00 b	08,00 c
16-Oeiras	74,44 b	95,05 a	65,00 b	15,66 c
17-Catuaí vermelho 144	69,60 b	90,37 a	71,33 b	16,66 c
18-Catucaí Amarelo 20/15	96,94 a	107,03 a	72,00 b	11,33 c
19-Catiguá MG 01	67,08 b	68,49 b	55,33 c	31,33 a
20-H 419-10-6-2-5-10-1	89,65 a	100,00 a	41,66 d	29,00 a
21-IPR104	79,82 b	76,82 a	70,00 b	13,66 c
22-Sacramento	74,44 b	81,78 a	63,00 b	21,66 b
23-Bourbon Amarelo JCL 10	53,84 b	44,27 b	66,66 b	15,00 c
24-Pau Brasil	80,55 b	63,28 b	68,66 b	20,33 b
25-H 419-10-6-2-5-1	86,11 a	93,49 a	36,66 d	18,00 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A bienalidade é atribuída à diminuição das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, contribuindo para que a produção no ano seguinte seja baixa (DaMatta et al., 2007). Pereira et al. (2011), estudando o efeito do espaçamento sobre o crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro demonstraram que houve uma redução na oscilação produtiva entre as colheitas com aumento do espaçamento entre linhas de plantio (de 2 para 3,5 m). Porém, os mesmos autores concluíram que houve um aumento de produtividade com a redução do espaçamento. Provavelmente, neste trabalho, até a quarta colheita, o espaçamento utilizado pode ter proporcionado boas produtividades para os genótipos que se destacaram nos dois biênios, sem, contudo levar ao esgotamento da planta.

O Catuaí Vermelho 144, que é o mais plantado na região, no primeiro biênio produziu 65,22% e 48,85% a menos do que os genótipos Catiguá MG 02 e IPR 103 respectivamente. No segundo biênio, mesmo não sendo estatisticamente diferente dos genótipos superiores, produziu 18,43%, 15,27%, 14,55% e 10,66% a menos do que os genótipos Catuaí Amarelo 20/15, Catuaí Amarelo 24/137, Sabiá 398 e H-419-10-6-2-5-10-1 respectivamente (Tabela 5). Isso mostra que outros genótipos, tidos como à resistentes à ferrugem aparecem como opção para futuros plantios na região.

A classificação por peneira do café é um dos critérios para a comercialização deste produto. A importância se dá principalmente, pelo rendimento e pela possibilidade de uniformizar os grãos para o processo de torração. A desuniformidade proporciona uma torração desigual causando a ocorrência de sabor de queimado no produto. Assim, a separação dos grãos de café pelo tamanho proporciona melhor qualidade do produto final, permitindo maior uniformidade na torra e maior uniformidade dos grãos quanto à coloração. Além disso, os cafés que apresentam maior peneira, associados a outros fatores relacionados à boa qualidade, geralmente apresentam maior valor de mercado (Laviola et al., 2006).

Os genótipos Catuaí vermelho 785/15, Catuaí Amarelo 2 SL, IPR 99, Araçuaia MG 01, IPR 103, IPR 100, H-4193-3-3-716-4-1 e Catuaí Amarelo 24/137 apresentaram as maiores médias para peneira 16 acima (entre 78% e 87%) (Tabela 5). Vale destacar que os genótipos Catuaí Amarelo 2 SL, IPR 103, IPR 100 e Catuaí Amarelo 24/137 também estiveram nos grupos de médias

superiores para produtividade nos dois biênios. Os genótipos Catiguá MG 02, Acauã, Palma II e Catucaí Amarelo 20/15 que também se destacaram em produtividade nos biênios, aparecem no segundo grupo para classificação em peneira, indicando também reposta satisfatória para esta variável, exceto o Sabiá 398 que aparece no terceiro grupo de médias, mas também apresenta bom percentual na classificação (71,33%). Os genótipos H 419-10-6-2-5-10-1 e H 419-10-6-2-5-1 apesar de boas produtividades nos biênios, não apresentaram médias satisfatórias para esta variável, sendo necessárias outras avaliações para confirmar a viabilidade ou não destes genótipos para a região.

O grão moca origina-se do desenvolvimento exclusivo de uma única semente, de forma ovalada, no fruto (Giomo, 2004). Elevada quantidade de grãos moca é um indicativo de deficiência na fecundação, estando relacionado principalmente a fatores genéticos e climáticos (Laviola et al., 2006). Assim, o rendimento estimado também sofre considerável influência da quantidade de frutos que contém grãos moca (Vaccarelli et al., 2003). Apenas os genótipos Catiguá MG 01 e H 419-10-6-2-5-10-1 apresentam os maiores percentuais de grãos moca. O genótipo H 419-10-6-2-5-10-1, além de apresentar alto percentual de grãos moca, também apresentou baixo percentual de peneira 16 acima, reforçando mais uma vez a possibilidade de não ser recomendado para a região. Com exceção do Palma II e do H 419-10-6-2-12-1, os genótipos que apresentaram boas produtividades nos dois biênios ficaram no grupo de médias inferiores para o percentual de grãos moca.

O cultivo de café em áreas montanhosas deve ser realizado, prioritariamente, com variedades de porte baixo, pois facilitam os tratos culturais manuais, adaptam-se ao plantio adensado, um sistema essencial para viabilizar a exploração dessas áreas declivosas, condições que levam imediatamente à indicação de materiais genéticos com tolerância à ferrugem. Outro fator é que o porte baixo das plantas no sistema adensado reduz sombreamento na parte baixa das plantas da outra rua e permite, assim, maior número de safras sem poda. Além disso, outras características como alta capacidade produtiva, bom vigor, resistência às pragas e doenças e a qualidade dos frutos são essenciais (Matiello et al., 2010).

Neste contexto, os genótipos que conseguiram reunir boa produtividade, porte baixo e qualidade dos frutos foram: Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02,

Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137 e Catucaí Amarelo 20/15. Os genótipos Catiguá MG 02, Acauã, Palma II, Sabiá 398 e IPR 100 são provenientes de cruzamentos envolvendo híbridos do Timor, o qual tem resultado em alto potencial produtivo e resistência à ferrugem (Bonomo et al., 2004; Oliveira et al., 2011). Já os genótipos Catucaí Amarelo 2 SL, IPR 103, Catucaí Amarelo 24/137 e Catucaí Amarelo 20/15 são provenientes de cruzamentos envolvendo Icatú, os quais também apresentam alta produtividade e resistência à ferrugem (Carvalho et al., 2008). Porém, estudos referentes às próximas safras e ao manejo mediante podas deverão ser realizados a fim de sustentar a recomendação destes genótipos.

Até à segunda colheita, correlações positivas foram observadas entre as características vegetativas e produtividade (Rodrigues, et al., 2012). Porém, na terceira colheita no ano de 2011, não foram observadas correlações entre a produtividade e as características vegetativas (Tabela 6). Houve correlação positiva entre a altura de planta e o diâmetro do colo e entre a altura de planta e o número de ramos plagiotrópicos (Tabela 6). Isso evidencia um ajuste na arquitetura da planta o qual não resultou em aumento direto da produção, provavelmente, devido ao espaçamento adensado. A redução do espaçamento pode levar a um desenvolvimento acelerado em altura como observado por Rena et al. (1998).

Tabela 6 – Correlação fenotípica entre as características do diâmetro do caule, altura de planta, número de ramos plagiotrópicos e produtividade no ano de 2011 de 25 genótipos de café implantados no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

	Altura	Diâmetro	Nº de ramos	Produção
Altura	-	0,5827**	0,4497*	0,1573 <sup>NS</sup>
Diâmetro		-	0,1502 <sup>NS</sup>	-0,0087 <sup>NS</sup>
Nº de ramos			-	,0,016 <sup>NS</sup>
Produção				-

\*\* e \* = significativo a 1% e 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup> Não significativo.

Diferente dos resultados obtidos neste estudo, Miranda et al. (2005) avaliaram as três primeiras colheitas de progênies F5 de cruzamentos entre



Catuaí Amarelo e Híbrido de Timor, e verificaram correlações fenotípicas da produtividade com caracteres vegetativos, e que os atributos vegetativos que mais contribuíram para o aumento da produtividade foram o comprimento dos ramos plagiotrópicos, altura de planta e diâmetro de caule.

Na quarta colheita em 2012, correlações negativas foram observadas entre a altura de planta e a produtividade e entre o diâmetro do colo e a produtividade (Tabela 7). A partir deste ponto o desenvolvimento em altura e conseqüentemente do diâmetro resultaram em menores produtividades provavelmente devido ao efeito de auto-sombreamento diminuindo a taxa fotossintética. Isso pode ser observado nos genótipos Catucaí Amarelo 2 SL e Bourbon Amarelo os quais também podem ter apresentados o fenômeno da bienalidade. Porém, quando se observa genótipos Palma II, Sabiá 398, Catucaí Amarelo 24/137, Oeiras, Catuaí Vermelho 144, Catucaí Amarelo 20/15 e H- 419-10-6-2-5-1 nota-se que estes apresentaram médias de desenvolvimento em altura inferiores ao Catucaí Amarelo 2 SL e ao Bourbon Amarelo e apresentaram médias superiores para produtividade em 2011 e 2012.

Melo et al. (2005) também observou aumento linear em altura com o adensamento das linhas e concluíram que a redução do espaçamento entre as linhas de cultivo tende a aumentar a competição por luz, o que provoca maior crescimento ou estiolamento do ramo ortotrópico. Nacif (1997) também verificou incrementos na altura em plantas de café com 2,5 anos de idade, sendo que a produtividade correlacionou negativamente com esta variável, indicando que o crescimento em altura teria força de dreno semelhante aos frutos.

Tabela 7 - Correlação fenotípica entre as características do diâmetro do caule, altura de planta, número de ramos plagiotrópicos e produtividade no ano de 2012 de 25 genótipos de café implantados no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

	Altura	Diâmetro	Nº de ramos	Produção
Altura	-	0,5806**	0,1522 <sup>NS</sup>	- 0,4417*
Diâmetro		-	0,4348*	- 0,4788*
Nº de ramos			-	0,0188 <sup>NS</sup>
Produção				-

\*\* e \* = significativo a 1% e 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup> Não significativo.

Silvarolla et al. (1997), avaliaram 57 progênies de Híbrido de Timor e encontraram uma correlação positiva entre a produtividade e caracteres vegetativos. Na média das quatro safras, os autores obtiveram uma alta correlação fenotípica da produtividade obtida com a altura e o diâmetro da copa. Os resultados encontrados são diferentes, provavelmente, devido aos materiais avaliados e também devido às condições experimentais e ambientais.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com aqueles obtidos por Martinez et al. (2007) que estudaram quatro cultivares de café arábica na cidade de Ervália - MG, e observaram que no espaçamento de 2,5 x 0,75 m, a correlação entre a produção e o número de ramos plagiotrópicos não foi significativa aos 48 meses após o plantio.

Desta forma, os resultados indicam que, a partir da quarta colheita referente às condições experimentais, medidas previsíveis para possíveis intervenções mediante podas devem ser tomadas a fim de evitar queda acentuada na produtividade da lavoura. Para plantio na referida região, os genótipos que apresentaram boas produtividades e menores médias para crescimento devem ser preferidos. Segundo Toledo e Barros (1999) a alta densidade de plantio provoca a perda dos ramos produtivos da base da planta, em decorrência da baixa insolação, o que acarreta queda na produtividade. Para contornar os problemas adversos causados pelo fechamento do cafezal, é necessária técnica de manejo da lavoura por meio de podas como instrumento de rejuvenescimento e manutenção da produtividade da lavoura, incrementando a rentabilidade do cafeicultor (Pereira et al., 2007).

## CONCLUSÕES

Houve correlação fenotípica entre as características vegetativas e a produtividade na terceira colheita em 2011.

Houve correlação fenotípica negativa entre a altura de planta e o número de ramos plagiotrópicos e entre o diâmetro e o número de ramos plagiotrópicos na quarta colheita em 2012.

Os genótipos que apresentaram as características agronomicamente superiores e que provavelmente poderão ser recomendados para a região são: Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02 , Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137 e Catucaí Amarelo 20/15.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, D. H. S. G., Vieira, H. D., Souza, R. M., Dias, P. P., Viana, A. P. (2007) Desenvolvimento vegetativo e reação de genótipos de *Coffea* spp. a uma população de *Meloidogyne exigua* virulenta a cultivares resistentes. *Nematologia Brasileira*, 31 (1): 1 – 6.
- Bonomo, P., Cruz, C. D., Viana, J. M. S. V., Pereira, A. P., Oliveira, V. R., Carneiro, P. C. S. (2004) Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. *Bragantia*, 63 (2): 207-219.
- Brasil. Instrução Normativa nº 8. (2003) Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília.
- Carvalho, C.H.S., Fazuoli, L.C., Carvalho, G.R., Guerreiro-Filho, O., Pereira, A.A., Almeida, S.R., Matiello, J.B., Bartholo, G.F., Sera, T., Moura, W.M., Mendes, A.N.G., Rezende, J.C., Fonseca, A.F.A., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Nacif, A.P., Silvarolla, M.B., Braghini, M.T. (2008) Cultivares de café arábica de porte baixo. In: Carvalho, C. H. S. (org) *Cultivares de café: origem, características e recomendação*. 1. ed. Brasília: Embrapa café, p. 157 – 226.

- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento Café Brasil: Série histórica de produção: Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra>> em 26/09/2012 página mantida pela Companhia Nacional de Abastecimento .
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes (versão Windows): aplicativos computacionais em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p.
- Cucolotto, M., Pípolo, V. C., Garbuglio, D.D., Fonseca Junior, N. S., Destro, D., Kamikoga, M. K. (2007) Genotype x environment interaction in soybean: evaluation through three methodologies. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(1): 270-277.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., Barros, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. (2007) *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19 (4): 485-510.
- Giomo, G. S., Razera, L. R., Gallo, P. B. Beneficiamento e qualidade de sementes de café arábica. *Bragantia*, 63 (2): 291-297.
- Google Earth (2011): <<http://earth.google.com>> em 20 set 2011.
- Laviola, B.G., Mauri, A. L., Martinez, H. E. P., Araújo, E. F., Neves, Y. P. (2006) Influência da adubação na formação de grãos moça e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, 1 (1): 39-42.
- Martinez, H.E.P., Augusto, H. S., Cruz, C. D., Pedrosa, A. W., Sampaio, N. F. (2007) Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29 (4): 481-489.
- Matiello, J. B., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., Fernandes, D. R. (2010) *Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. 3 ed. Rio de Janeiro: Bom Pastor, 542p.
- .Melo, B., Marcuzzo, K. V., Teodoro, R. E. F., Carvalho, H. P., Fernandes, D. L. (2005) Avaliação de cultivares de cafeeiro com irrigação, em diferentes espaçamentos na linha de plantio. *Revista Ceres*, 52 (300): 245-253.
- Miranda, J. M., Perecin, D., Pereira, A. A. (2005) Produtividade e resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. Et Br.) de progênies F5 de Catuaí Amarelo com o Híbrido de Timor. *Ciência e Agrotecnologia*, 29 (6): 1195-1200.
- Nacif, A. P. (1997) *Fenologia e produtividade do cafeeiro (Coffea arabica L.), cv Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no*

- cerrado de Patrocínio, MG. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Viçosa – MG , Universidade Federal de Viçosa – UFV, 124 p.*
- Oliveira, A. C. B., Pereira, A. A., Silva, F. L., Rezende, J. C., Botelho, J. C. E., Carvalho, G. R. (2011) Prediction of genetic gains from selection in arabica coffee progênies. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11 (2): 106-113.
- Pereira, S. P., Bartholo, G. F., Baliza, D. P., Sobreira, F. M., Guimarães, R. J. (2011) Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46 (2): 152-160.
- Pereira, S. P., Bartholo, G. F., Guimarães, P. T. G., Romaniello, M. M., Guimarães, R. J. (2007) Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. *Ciência e Agrotecnologia*, 31 (3): 643-649.
- Petek, M. R., Sera T., Sera, G. H., Fonseca, I. C. B., Ito, D. S. (2006). Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. *Bragantia*, 65 (1): 65-73.
- Rena, A. B., Nacif, A. P., Guimarães, P. T. G., Bartholo, G. F. (1998) Plantios adensados de café: Aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agrônômicos. *Informe Agropecuário*, 19 (193): 61- 70.
- Rodrigues, W. P., Vieira, H. D., Barbosa, D. H. S. G., Vittorazzi, C. (2012) Growth and yield of *Coffea arabica* L. in Northwest Fluminense. 2nd Harvest. *Revista Ceres*, 59 (6): 809 – 815.
- Severino, L. S., Sakiyama, N. S., Pereira, A. A., Miranda, G. V., Zambolim, L., Barros, U. V. Associações da produtividade com outras características agrônômicas de café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). *Acta Scientiarum Agronomy*, 24 (5): 1467– 1471.
- Silvarolla, M. B., Guerreiro Filho, O., Lima, M. M. A., Fazuoli, L. C. Avaliação de progênies derivadas do híbrido de Timor com resistência ao agente da ferrugem. *Bragantia*, 56 (1): 47– 58.
- Srinivasan, C. S. (1982) Pre-selection for yield in coffee. *Indian Journal of Genetics*, 42 (1): 15 – 19.
- Thomaziello, R. A., Fazuoli, L. C., Pezzopane, J.R. M., Fahl, J. I., Carelli, M. L. C. (2000) *Café Arábica: Cultura e técnica de produção*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 13p.

- Toledo, S. V., Barros, I. (1999) Influência da densidade de plantio e sistema de podas na produção de café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (8): 1379 – 1384.
- Vaccarelli, V.N., Medina Filho, H.P., Fazuoli, L.C. (2003) Relação entre rendimentos, frutos chochos e sementes tipo moca em diversos híbridos Arabusta. *Bioscience Journal*, 19 (3): 155 – 165.

### 3.2. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE *Coffea canephora* E *Coffea arabica* EM ÁREAS DE ALTITUDE ELEVADA NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

#### RESUMO

A possibilidade do cultivo de café *C. canephora* em áreas de elevada altitude tem despertado o interesse dos produtores, uma vez que esta espécie apresenta maior produtividade. No entanto, a espécie é mais susceptível a baixas temperaturas em comparação ao *C. arabica*. Nesse sentido, trabalhos relacionados aos eventos fisiológicos são necessários para auxiliar na compreensão dos fatores que envolvem os mecanismos de susceptibilidade ou adaptação de *C. canephora* em áreas de elevada altitude. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar as respostas fisiológicas de *C. canephora* e *C. arabica* quando cultivados em áreas de altitude elevada. Para isso foram utilizados genótipos de *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, em espaçamento 2,2 x 0,5 m, e de *C. canephora* cv. Clone 02 V V da cultivar Vitória Incaper 8142 em espaçamento 3 x 1 m, sendo que o plantio foi realizado em dezembro de 2008. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso com 12 repetições. Foi mensurado, entre 5:00 e 6:00 e 12:00 e 13:00 horas o potencial hídrico foliar, entre 8:00 e 10:00 e 12:00 e 13:00 horas a taxa de assimilação de

CO<sub>2</sub>, a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a taxa de transpiração, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e o rendimento quântico do PSII ( $F_v/F_m$ ). Também foi mensurada a massa foliar específica e a leitura no Medidor Portátil de Clorofila. Todas as avaliações foram realizadas em três épocas sendo março, julho e outubro. A cada 30 dias, por um período de 13 meses (dezembro 2011 a dezembro de 2012) foi mensurado o crescimento em altura do ramo ortotrópico, o comprimento do ramo plagiotrópico e número de nós por ramo plagiotrópico. No ano de 2012 foi mensurada a produtividade. Os resultados indicam que temperaturas baixas positivas afetam a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de ambos os genótipos sendo que o Clone 02 V apresentou valores maiores para esta variável, o que lhe conferiu um melhor desempenho fotossintético em julho. Porém, após o período de exposição às baixas temperaturas o Catucaí Vermelho 785/15 apresentou melhor recuperação das taxas fotossintéticas. No entanto, isto não parece suficiente para explicar a diferença de produtividade, que no Catucaí Vermelho 785/15 foi de aproximadamente 80% a mais, o que pode estar relacionado com a partição de fotoassimilados uma vez que o Clone 02 V apresentou maior crescimento em altura do ramo ortotrópico e comprimento do ramo plagiotrópico.

## ABSTRACT

### PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF *Coffea canephora* AND *Coffea arabica* IN AREAS OF HIGH ALTITUDE IN NORTHWEST RIO DE JANEIRO STATE

The possibility of growing *C. canephora* in areas of high altitude has attracted the interest of producers since this species shows greater productivity. However, this species is more susceptible to low temperatures compared to *C. arabica*. Thus, works related to physiological events are needed to help understand the factors



involved in the of susceptibility and adaptation mechanisms of *C. canephora* in areas of high altitude. The objective of this study was to evaluate and compare the physiological responses of *C. canephora* and *C. arabica* when grown in high altitude areas. For this were used genotypes *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, in spacing 2.2 x 0.5 m, and *C. canephora* cv. Clone 02 V from Vitória Incaper 8142 cultivar in spacing 3 x 1 m, being that the planting was carried out in December 2008. The experimental design was completely randomized with 12 replications. Was measured, between 5:00 and 6:00 and 12:00 and 13:00 hours the leaf water potential, between 8:00 and 10:00 and 12:00 and 13:00 hours the assimilation of CO<sub>2</sub> rate, the stomatal conductance, internal CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate, the vapor pressure deficit between the leaf and the air and the potential quantum yield of photosystem II (Fv/Fm). Also measured was the specific leaf mass and Portable chlorophyll meter reading. All assessments were made in March, July and October. Each 30 days, for a period of 13 months (December 2011 to December 2012) was measured height growth of orthotropic branch, the plagiotropic branch length and the number of internodes per plagiotropic branch and in 2012 was measured productivity. The results indicate that low positive temperatures affect the assimilation of CO<sub>2</sub> rate of both genotypes being the Clone 02 V V showed higher values for this variable, giving it a better photosynthetic performance in July. However, after the period of exposure to low temperatures Catucaí Vermelho 785/15 showed better recovery of photosynthetic rates. However, this does not seem sufficient to explain the difference in productivity, which in Catucaí Vermelho 785/15 was approximately 80% higher, which may be related to carbon partition since the Clone 02 V V showed greater height growth of orthotropic branch and plagiotropic branch length.

## INTRODUÇÃO

A alta produtividade é uma das principais características a ser buscada nos programas de melhoramento de café. Variação de rendimento entre as

cultivares pode ser associada com as características morfológicas, padrão de crescimento, eficiência fotossintética e atividade reprodutiva. Conhecimento sobre estas características são necessárias no sentido de estabelecer índices e critérios para predizer o potencial de rendimento de novos genótipos (Campostrini e Maestri, 1998).

Em geral, temperaturas baixas positivas afetam diversos componentes do processo fotossintético. O cafeeiro, quando cultivado em latitudes superiores a 15° Sul, apresenta um decréscimo acentuado na taxa de crescimento nos meses com baixas temperaturas (Partelli et al., 2010a), ocasionando queda da produtividade. Além disso, baixas temperaturas podem danificar o sistema radicular (Allen e Ort, 2001), dificultando também a condutividade hidráulica da água (Aroca et al., 2003), vindo a surgir lesões e até mesmo morte dos tecidos ou de toda folha (Rena, 2000).

Para o café Conilon, a faixa ótima de temperatura situa-se entre 22 a 26 °C (Matiello, 1998), ou, entre 24 a 30 °C (IOC, 2013), sendo muito menos adaptável a baixas temperaturas do que café arábica. As folhas e frutos não suportam temperaturas abaixo de 4-8 °C ou longos períodos a 15 °C (Partelli et al., 2009). Dessa forma, é recomendado o plantio de *C. canephora* até 500 metros de altitude.

Em condições de campo, o desempenho em termos de crescimento, desenvolvimento, acúmulo de biomassa e rendimento depende da capacidade de aclimação às mudanças ambientais, exercendo mecanismos de tolerância específicos que envolvem uma complexa rede de processos bioquímicos e moleculares (Wang et al., 2003). Na verdade, estresses abióticos como temperaturas extremas, déficit hídrico, salinidade ou toxicidade química representam graves limitações à agricultura (Bray et al., 2000).

Recentemente, tem crescido interesse no cultivo de café Conilon em áreas sujeitas às temperaturas mais baixas (maior altitude). Agricultores e pesquisadores acreditam que o cultivo do Conilon, pode ser mais uma alternativa de cultivo nestas condições, uma vez que a espécie apresenta maior tolerância a condições de estresse biótico e abiótico, apesar de ser mais susceptível a baixas temperaturas em comparação ao café arábica (Ramalho et al., 2003).

Neste sentido, trabalhos relacionando eventos fisiológicos e ambientes são necessários para auxiliar na compreensão dos fatores que envolvem os

mecanismos de adaptação e ou quais as intervenções que podem ser realizadas por meio do melhoramento genético possibilitando o cultivo de *C. canephora* em áreas de elevada altitude.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as respostas fisiológicas de *C. canephora* e *C. arabica* sob baixas temperaturas positivas, em áreas de altitudes elevadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área experimental de delineamento

O experimento foi conduzido na Fazenda Panorama 1, Município de Varre Sai – Rio de Janeiro, Latossolo Vermelho Amarelo, Latitude 20° 56' 16" Sul e Longitude 41° 54' 44" Oeste e altitude de 734 metros. Os tratamentos foram compostos por *Coffea canephora* cv. Conilon, genótipo denominado 02 V da cultivar Vitória Incaper 8142 em espaçamento 3 x 1 m e *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, em espaçamento 2,2 x 0,5 m, plantados em dezembro de 2008, sem irrigação, em delineamento inteiramente ao acaso com 12 repetições. Os tratamentos fitossanitários, bem como as adubações foram realizadas de acordo com Matiello et al. (2010). Os dados referentes às condições climáticas foram obtidos a partir de uma estação meteorológica (Thies Clima) instalada próxima à área do experimento.

### Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar foi avaliado entre 5:00 e 6:00 e entre 12:00 e 13:00 horas com o auxílio de uma câmara de pressão do tipo Scholander, modelo *Soil Moisture* (Scholander et al., 1965). Para tal, foram retiradas folhas do terceiro par localizadas no terço superior e levadas à câmara, onde cada folha representava

uma repetição. Estas avaliações foram realizadas no mês de março, julho e outubro de 2012.

### Trocas gasosas

A taxa fotossintética líquida, a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a transpiração e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar foram determinadas por meio de um analisador de gás a infravermelho (IRGA), modelo LI-6200 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) entre 8:00 – 10:00 e 12:00 – 13:00 horas em dias de pleno sol. Foi utilizada uma folha do terceiro par do terço superior para cada repetição alternando-se entre um lado e outro da linha de plantio. As avaliações foram realizadas nos meses de março, julho e outubro de 2012 sendo que no mês de março foi realizada somente entre 8:00 e 10:00 horas da manhã.

### Fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência foi determinada antes das avaliações de trocas gasosas nas mesmas folhas e épocas e no mesmo horário com auxílio do fluorímetro Pocket PEA (Plant Efficiency Analyser). Dos dados mensurados pelo equipamento, foi utilizado apenas o rendimento quântico máximo do PSII.

### Intensidade de verde

A intensidade de cor verde das folhas foi estimada por meio de um Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502 “*Soil Plant Analyser Development*” (Minolta, Japão), nas mesmas folhas e épocas das avaliações já citadas, porém, somente entre 8:00 e 10:00 horas da manhã. Foram realizadas cinco leituras ao longo da folha sendo utilizada a média para compor cada repetição.

### Massa foliar específica (MFE)

A MFE foi determinada pela relação entre a massa seca de dez discos foliares retirados da mesma folha onde foram realizadas todas as análises e a respectiva área foliar deste disco (aproximadamente 30 mm<sup>2</sup>). Os discos foram retirados logo após a última avaliação e levados para estufa do Laboratório de Fitotecnia da UENF onde foram mantidos a 70 °C por 72 horas.

### Avaliação do crescimento

Foi utilizada régua graduada para mensurar o crescimento em altura do ramo ortotrópico e o comprimento do ramo plagiotrópico e a contagem manual do número de nós por ramos plagiotrópico, alternando-se entre um lado e outro na linha de plantio. Essas mensurações foram realizadas a cada 30 dias de dezembro de 2011 a dezembro de 2012.

### Avaliação da Produtividade

A colheita foi realizada por derrça em pano, sendo obtido o volume referente a litros por planta.

Os dados, incluindo aqueles referentes às análises anteriores, foram submetidos à Análise de Variância a 1 e 5% de probabilidade e quando necessário, as médias foram submetidas ao teste de tukey a 5% de probabilidade com auxílio do software Análises Estatísticas Genes (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1A - Apêndice) mostra que na avaliação realizada em março houve diferença significativa entre os genótipos no potencial hídrico foliar às 05:00 e 06:00 horas, no Déficit de pressão de vapor entre a folha

e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) e MFE, enquanto que para as outras variáveis não houve diferenças significativas. Em julho, houve diferenças significativas no potencial hídrico foliar às 05:00 horas, na leitura SPAD, na taxa de transpiração ( $E$ ) e no rendimento quântico do PSII ( $F_v/F_m$ ) entre 08:00 e 10:00 horas, na taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ) entre 12:00 e 13:00 horas e na taxa de assimilação específica de  $CO_2$  ( $A/MFE$ ), não havendo porém diferenças significativas para as outras variáveis (Tabela 1B - Apêndice). No mês de outubro (Tabela 1C - Apêndice), diferenças significativas foram constatadas no potencial hídrico foliar entre 05:00 e 06:00 horas e 12:00 e 13:00 horas, leitura SPAD, na  $A$  entre 08:00 e 10:00, na condutância estomática ( $g_s$ ) entre 08:00 e 10:00 horas, no  $DPV_{\text{folha-ar}}$  entre 08:00 e 10:00 horas, na MFE e em  $A/MFE$ .

Para os dados de crescimento podemos observar (Tabela 1D - Apêndice) que a interação foi significativa bem como os efeitos isolados de genótipo e o período de avaliação. Com relação aos dados de produtividade, também houve diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 1E - Apêndice).

As variedades de café arábica são mais adaptadas às regiões de clima mais ameno, com temperaturas médias anuais de 19 a 22 °C, enquanto o robusta é bem adaptado a climas mais quentes, em zonas de altitudes mais baixas, com temperaturas médias na faixa de 22 a 26 °C (Matiello, 1998). Desta forma a partir do mês de maio (Figura 1A), as temperaturas médias não estariam dentro da faixa limite para *C. canephora* sendo que somente a partir de outubro as temperaturas médias atingem valores acima de 22 °C. Para café arábica, apenas no mês de julho a temperatura média não atinge valores adequados. Porém, os dados da Figura 1A representam valores médios mensais onde em determinados períodos, a temperatura nos meses de maio até agosto atingiu valores abaixo de 18 °C sendo que em julho atingiu valores abaixo de 12 °C.

Abaixo de 16 °C o crescimento vegetativo do café arábica não é satisfatório, e temperaturas inferiores a 12 °C, por longos períodos, paralisam completamente as atividades vegetativas. Temperaturas médias acima de 23 °C prejudicam o crescimento e a produção de café arábica (Alegre, 1959). O cafeeiro Conilon apresenta maior taxa de crescimento quando a temperatura média mínima está acima de 17 °C, a máxima abaixo de 31 °C e a média entre 21 e 27,5°C (Partelli et al., 2010 b).

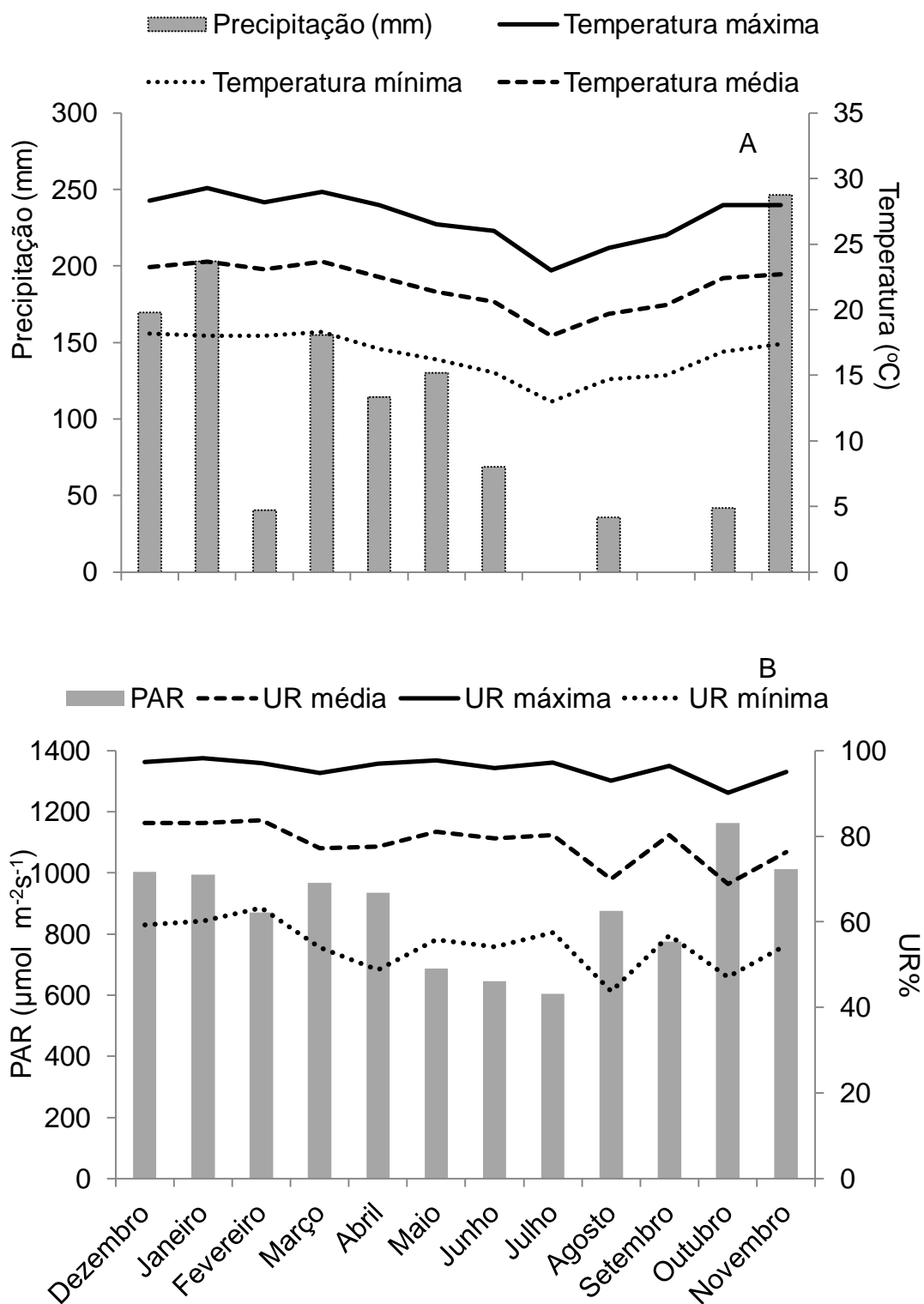


Figura 1 – Precipitação acumulada e média de Temperatura máxima, mínima e média (A) e Média de umidade relativa máxima, mínima e média e radiação fotossinteticamente ativa – PAR (B) de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

De dezembro a março, a temperatura média mínima atinge valores iguais ou superiores a 18 °C, sendo que a partir de abril até novembro a temperatura mínima não ultrapassou 17,5 °C. O sistema radicular, em particular o ápice radicular de mudas do cafeeiro, também é sensível a baixas temperaturas, sendo completamente inibido a temperaturas menores que 10°C, sofrendo danos quando a temperatura é inferior a 15°C durante 6 dias consecutivos (Queiroz et al., 2000).

Contínua exposição a temperaturas elevadas como 30° C poderia resultar, além de um crescimento debilitado, em anormalidades como amarelecimento das folhas e crescimento de tumores na base do tronco. Neste trabalho, as temperaturas médias máximas atingiram valores próximos a 30 °C nos meses de dezembro, março e outubro, sendo que, em alguns dias, atingiu valores superiores a 30 °C entre dezembro e março.

Porém, elevadas temperaturas parece ter efeito mais negativo na época do florescimento, especialmente se associados a uma época seca prolongada, causando aborto de flores (Camargo, 1985). Neste experimento a temperatura média máxima atingiu 29 °C, em outubro. Com o reinício das chuvas, ocorre a quebra de dormência dos botões florais e a retomada de um crescimento rápido até a antese (Reddy,1979). No trabalho deste autor, as temperaturas moderadamente elevadas, como 30,2°C até 33,2°C causou danos nos últimos estágios do florescimento em condições de laboratório e campo.

Segundo Alegre (1959) a precipitação anual deve ser de 1200 a 1800 mm para *C. arabica* e *C. canephora*, embora esta última se adapte melhor com precipitações próximas a 2000 mm. Para ambas as espécies, um curto período de seca correspondente à fase quiescente de crescimento, é importante para estimular a floração (Silva, et al., 2009). No presente trabalho observa-se que ocorrem chuvas de março a junho. Por conseguinte, a precipitação acumulada durante o ano foi de 1206 mm, indicando aptidão com relação a esta variável de acordo com Silva, et al.,(2009).

A umidade relativa do ar tem um impacto significativo sobre o crescimento vegetativo do café, sendo que o café conilon cresce com êxito sob alta umidade do ar e o café arábica requer uma atmosfera menos úmida, (Coste, 1992). A umidade relativa média apresenta-se satisfatória aos genótipos (Figura 1B) sendo que as umidades relativas mínimas e máximas estariam mais ligadas aos efeitos



de aumento da temperatura durante o dia e próxima ao ponto de saturação da atmosfera durante a noite respectivamente. As quedas ocorridas na umidade relativa neste experimento entre os meses de julho a setembro ocorreram provavelmente devido à falta de chuvas neste período (Figura 1A).

O cafeeiro apresenta folhas típicas de sombra devido provavelmente à sua origem de sub-bosque (DaMatta e Rena, 2000) apresentando como consequência ponto de compensação e de saturação de luz entre 300 e 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Kumar e Tieszen, 1980). Neste contexto, mesmo ocorrendo diminuição da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) a partir do mês de março, os valores estiveram satisfatórios para assimilação de  $\text{CO}_2$  (Figura 1B).

Essa diminuição nos valores de PAR ocorre devido à inclinação da terra em relação ao sol fazendo com o hemisfério sul se inclina para longe do Sol durante o nosso inverno e em direção ao Sol durante o nosso verão. Isto significa que a altura do Sol e o ângulo de elevação acima do horizonte, para uma dada hora do dia (por exemplo, meio dia) variam no decorrer do ano. No hemisfério de verão, os dias são mais longos e há mais radiação solar. No hemisfério de inverno, os dias são mais curtos e há menos radiação solar (Grimm, 1999). O relevo do terreno, abrangendo a inclinação e face de exposição, influencia na radiação total que chega à superfície (Facco et al., 2009). Variações também podem ter ocorrido devido à presença de nuvens.

O potencial hídrico antemanhã, no mês de março (Figura 3), do Catucaí Vermelho 785/15, foi menor do que o Clone 02 V. Segundo Souza et al. (2004), a raiz de *C. canephora* geralmente é bem mais vigorosa do que a do *C. arabica*, sendo bastante volumosa e eficiente na absorção de nutrientes e água do solo, o que torna a planta mais tolerante a deficiências nutricionais e hídricas. Já o potencial hídrico ao meio dia diminuiu consideravelmente em ambos os genótipos, os quais não apresentaram diferenças significativas (Figura 3).

No mês de julho, apesar do potencial hídrico seguir o mesmo padrão de resposta do mês de março (Figura 3), os valores foram mais negativos para ambos os horários uma vez que neste período, não choveu (Figura 1A). Quando a água no solo diminui, o seu potencial hídrico também é reduzido e as plantas passam a absorver a água do solo com maior dificuldade (Paiva e Oliveira, 2006).

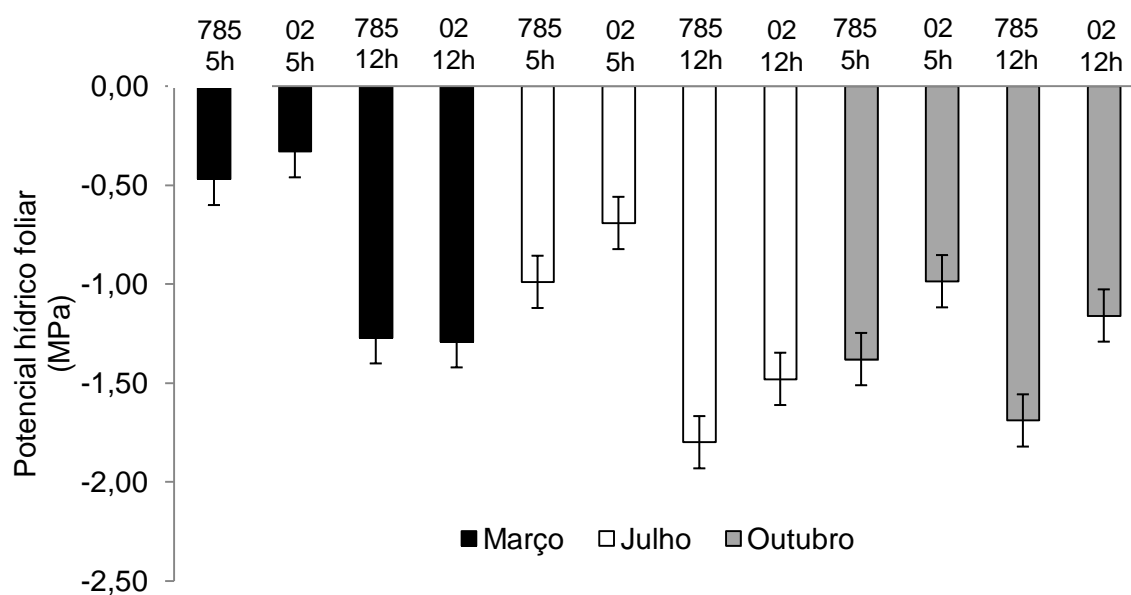


Figura 3 – Potencial hídrico foliar antemanhã (5:00 – 6:00 horas) e ao meio dia (12:00 – 13:00 horas) nos meses de março, julho outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

O potencial hídrico no mês de outubro também seguiu o mesmo padrão (Figura 3) sendo que na antemanhã foi mais negativo em relação aos meses de março e julho provavelmente devido à falta de chuva nos meses anteriores, sendo que as precipitações ocorridas em agosto e outubro não foram suficientes para que as plantas atingissem valores próximos àqueles obtidos em março. Ao meio dia, as plantas apresentaram um potencial hídrico foliar maior em relação ao mês de julho o que pode estar relacionado com um melhor controle da perda de água, devido ao restabelecimento de condições mais satisfatórias em relação à temperatura.

Em todas as épocas de avaliação, o Clone 02 V apresentou potenciais hídricos na antemanhã superior aos de Catucaí Vermelho 785/15 e ao meio dia, apenas no mês de outubro. Segundo Rena e Maestri (1987) potenciais hídricos de até -1,0 MPa não afetam a fotossíntese das folhas do cafeeiro e é reduzida apenas em 25% quando o potencial diminui para -2,0 MPa. Assim, os valores encontrados na antemanhã no mês de março e julho mostram que as plantas se encontravam com bom estado de hidratação. Em todas as épocas ambos os genótipos se encontravam com potenciais hídricos maior que a -1,0 MPa porém menores a -2,0 MPa.

A Os dois genótipos apresentaram semelhantes taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> no mês de março (com média de PAR de 1050  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) mostrando que neste período as condições ambientais, entre 8:00 e 10:00 horas da manhã, permitiram para ambos os genótipos boas taxas fotossintéticas (Figura 4A). Geralmente as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> em *C. canephora* são inferiores aos de *C. arabica* podendo haver alguma variação genética entre as diversas cultivares (Nunes et al., 1969). Valores entre 8 e 12  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foram obtidos por Martins et al. (2011) para mudas de café arábica com 90% de irradiância e a pleno sol respectivamente.

Partelli et al. (2009) encontrou valores de 5 e 6  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para mudas de *C. arabica* e *C. canephora* respectivamente na temperatura de 25 – 20 °C (dia-noite), porém os valores referem-se às médias diárias.

No mês de julho, a taxa de assimilação de ambos os genótipos diminuíram (Figura 4A) consideravelmente entre 8:00 e 10:00 horas (aproximadamente 70% em Catucaí Vermelho 785/15 e 65% no Clone 02 V), com média de PAR de 908  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . DaMatta (1995) encontrou valores de 0,02 e 2,8  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para *C. arabica* e *C. canephora* respectivamente no inverno em mudas de café de um ano de idade, no campo, por volta das 9:00 horas da manhã em Viçosa – MG. Baixas temperaturas positivas podem causar deficiências na taxa de transporte de elétrons, redução da atividade da rubisco, na translocação de açúcares e na seletividade de membrana do cloroplasto (Batista-Santos et al., 2010) o que contribui para diminuição da taxa fotossintética.

Ainda no mês de julho, entre 12:00 e 13:00 horas (média de PAR de 1480  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) houve uma diminuição na taxa fotossintética (aproximadamente 46% no Catucaí Vermelho 785/15 e 37% Clone 02 V em relação àquela medição realizada entre às 8:00 e 10:00 horas (Figura 4A). Essa redução evidencia o fenômeno conhecido com “depressão da fotossíntese ao meio dia” o qual está associada ao fechamento estomático e conseqüentemente a redução da assimilação fotossintética do carbono devido a elevados valores de déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ). Porém, também podem estar envolvidos efeitos não estomáticos sobre as taxas fotossintéticas (Reis e Campostrini et al., 2011).

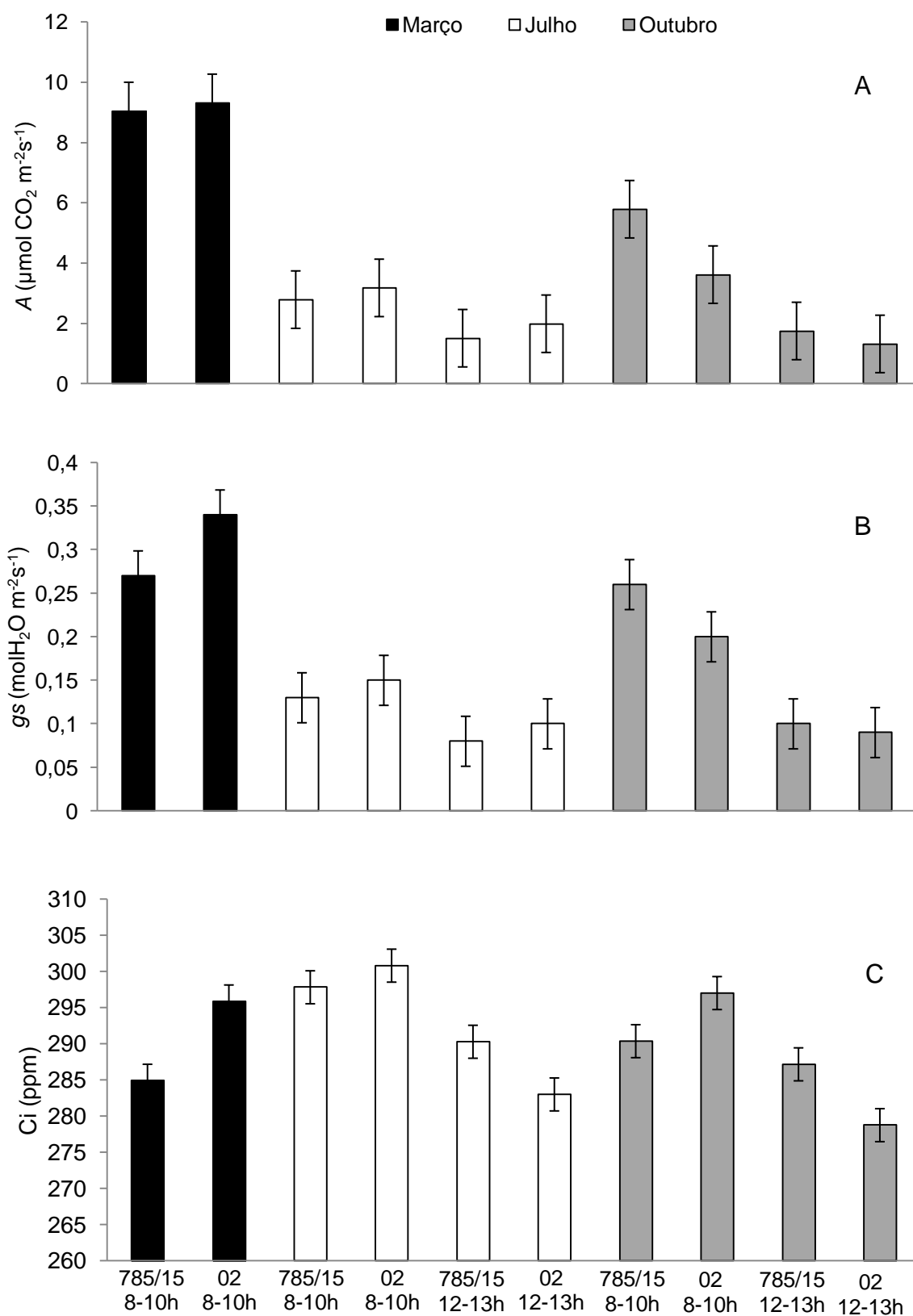


Figura 4 – Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (B) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (C) entre 8:00 e 10:00 e entre 12:00 e 13:00 horas nos meses de março, julho e outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

No mês de outubro, observa-se um aumento na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de ambos os genótipos quando comparado ao mês de julho, porém, ainda inferior àqueles valores observados no mês de março (Figura 4A). No entanto, o Catucaí Vermelho 785/15 mostrou um desempenho superior ao Clone 02 V, corroborando com Partelli et al. (2009), apresentando aproximadamente 65% da taxa de assimilação em relação ao mês de março enquanto que o Clone 02 V apresentou somente 39%. A depressão da fotossíntese ao meio dia (média de PAR de 1720  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ocorreu para ambos os genótipos sendo um pouco mais expressiva (aproximadamente 70% no Catucaí Vermelho 785/15 e 64% no Clone 02 V) do que no mês de julho em função de maiores taxas fotossintéticas entre 8:00 e 10:00 horas (média de PAR de 1110  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Ambos os genótipos apresentaram valores de abertura estomática significativamente iguais no mês de março (Figura 4B) refletindo nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub>, mostrando a relação do grau de abertura estomática com a taxa fotossintética. Já no mês de julho, ocorre uma redução da condutância estomática o que pode ter contribuído para a queda da atividade fotossintética. Em outubro, a condutância estomática no café arábica foi similar àquela encontrada em março entre 8:00 e 10:00 horas, o que contribuiu para aumento da taxa fotossintética (Figura 4B), sendo que no Clone 02 V, foi menor do que aquela encontrada no mês de março. Para ambos os genótipos houve uma redução da condutância estomática entre 12:00 e 13:00 horas provavelmente devido a aumento de temperatura e também em menores potenciais hídricos. Nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminui a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (Oren et al., 1999).

As plantas C<sub>3</sub> apresentam taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> entre 20 e 30  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Kerbaury, 2004). Valores mais baixos podem ser encontrados em condições de campo devido às variações ambientais e genéticas. Em comparação a outras espécies como *Carica papaya* L. (Reis e Campostrini, 2008), *Citrus sinensis* (Machado et al., 1994) e *Eucalyptus* sp. (Tatagiba et al., 2007), o cafeeiro apresenta baixa taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>. As limitações difusivas podem estar relacionadas à condutância estomática e mesofílica, sendo a última considerada uma das principais causas dos baixos valores na fotossíntese observado em plantas lenhosas em geral como observado por Epron et al. (1995)

em *Fagus sylvatica* L. Também pode ocorrer em magnitudes similares como observado por Warren et al. (2003) em *Pseudotsuga meinziessi* L.

No entanto, Martins et al. (2011) avaliando mudas de café arábica, concluíram que a condutância mesofílica teve importância igual ou inferior ao da condutância estomática na explicação das baixas taxas fotossintéticas no cafeeiro, independentemente do fenótipo, sendo que, provavelmente, a arquitetura hidráulica seria o fator primário mais limitante à fotossíntese no cafeeiro, o que limitaria a capacidade de reidratação dos tecidos foliares, restringindo, pois, a manutenção de condutâncias estomáticas elevadas.

As médias para os valores da concentração interna de CO<sub>2</sub> foram estatisticamente iguais entre os genótipos no mês de março os quais se apresentaram suficientes para manter taxas de assimilação similares àquelas do Clone 02 V. No mês de julho, ocorreu um aumento da concentração interna de CO<sub>2</sub> promovido pela diminuição da taxa fotossintética em relação ao mês de março entre 8:00 e 10:00 horas (Figura 4C). O aumento da taxa de fotossíntese provoca queda na concentração interna de CO<sub>2</sub>, exercendo forte efeito retroativo (Machado e Lagoa, 1994). Entre 12:00 e 13:00 horas ocorreu um decréscimo da concentração interna de CO<sub>2</sub> provavelmente devido à redução na condutância estomática, porém, a redução da fotossíntese não parece estar associada apenas a efeitos estomáticos, mas também a um decréscimo na eficiência de carboxilação como relatado por (Leidi et al., 1993).

Partelli et al. (2009) também constatou aumento da concentração interna de CO<sub>2</sub> com a redução da temperatura concluindo que a redução na taxa fotossintética durante a exposição a baixas temperaturas não foi causado pela restrição de CO<sub>2</sub> nos sítios de carboxilação devido ao fechamento dos estômatos, mas sim por outras limitações.

No mês de outubro, a concentração interna de CO<sub>2</sub> no Catucaí Vermelho 785/15 foi mais baixa que aquela encontrada no mês de julho entre 8:00 e 10:00 horas porém ainda maior que aquela encontrada no mês de março para este horário (Figura 4C), provavelmente devido aos valores mais baixos de fotossíntese evidenciando os fatores já mencionados. Entre 12:00 e 13:00 horas os valores também reduziram provavelmente devidos aos mesmos fatores ocorridos no mês de julho neste horário.

No mês de março, entre 8:00 e 10:00 horas, os genótipos apresentaram valores iguais de transpiração (Figura 5A) ainda que maiores valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  foram encontrados em Catucaí Vermelho 785/15 (Figuras 5B).

No mês de julho, entre 8:00 e 10:00 horas, mesmo com aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  a taxa transpiratória diminui em função da redução da condutância estomática, mostrando o ajustamento e a relação dos processos envolvidos na perda de água da planta para a atmosfera. Entre 12:00 e 13:00 horas ocorre uma redução da transpiração provavelmente devido à redução da condutância estomática e aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (Figuras 5A e 5B).

No mês de outubro, quando ocorre a retomada da precipitação (Figura 1A), os genótipos voltaram a apresentar taxa transpiratória parecida com aquelas apresentadas no mês de março provavelmente devido ao aumento da condutância estomática, o qual ainda é menor neste período, porém, o aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$ , por outro lado, pode ter proporcionado o aumento da transpiração. Entre 12:00 e 13:00 horas ocorre uma redução da transpiração provavelmente devido à redução da condutância estomática e aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (Figuras 5A e 5B).

A transpiração depende principalmente da condutância estomática, que reduz de acordo com a incidência de radiação fotossinteticamente ativa e quantidade de água disponível para o vegetal (Bergonci e Pereira, 2002). Os gradientes de pressão de vapor entre folha e ar representam a força motriz para o fluxo de vapor, conseqüentemente afetando o mecanismo estomático e a transpiração (Seixas, 2009).

No mês de março, os genótipos apresentam médias iguais nas variáveis de trocas gasosas, com exceção da variável  $DPV_{\text{folha-ar}}$ , a qual foi maior no Catucaí Vermelho 785/15, porém, não sendo suficiente para alterar as outras. Dessa forma fica evidente que neste período, as condições climáticas encontradas na região, referente ao ano de avaliação, não influenciaram negativamente no desempenho fotossintético do Clone 02 V quando comparado ao Catucaí Vermelho 785/15.

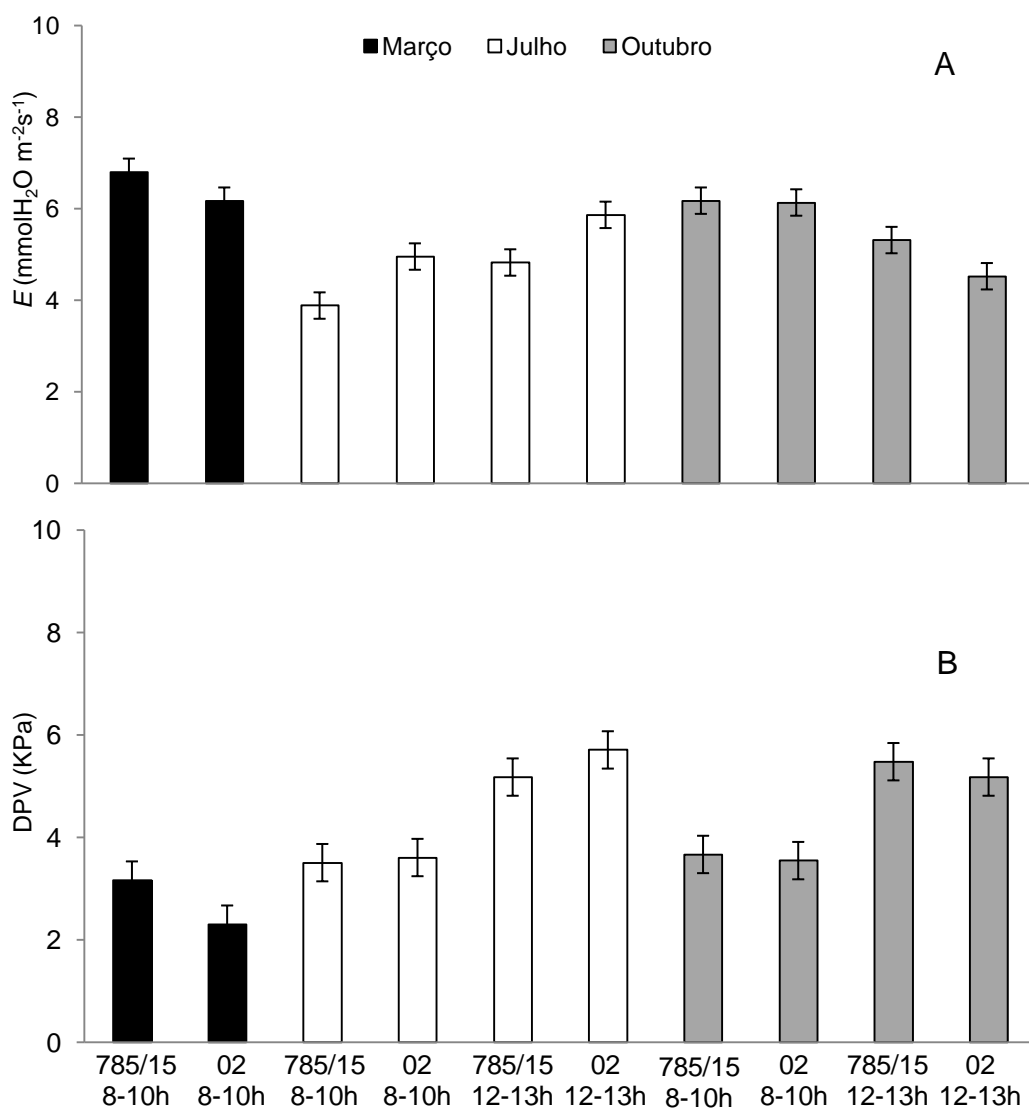


Figura 5 – Taxa de transpiração (A) e Déficit de pressão de vapor <sub>folha-ar</sub> (B) entre 8:00 e 10:00 horas e entre 12:00 e 13:00 horas nos meses de março, julho e outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.



Carvalho et al., (2001) comparando mudas de Conilon e Catuaí Vermelho, quanto ao processo fotossintético e aspectos da anatomia foliar, em sala com temperatura ambiente mantida por meio de condicionador de ar, em torno de  $20 \pm 1$  °C, concluíram que as taxas de fotossíntese líquida, de transpiração, e de condutância estomática determinadas em Conilon foram significativamente maiores do que em Catuaí Vermelho, porém, foram menores que os observados neste trabalho. Isto pode ter ocorrido em função da idade das plantas avaliadas, uma vez que neste trabalho as plantas tinham quatro anos de idade e, além disso, encontravam-se em fase de produção, o que demanda mais fotoassimilados da planta.

Partelli et al. (2009), estudando, em mudas de um ano de idade, os mecanismos de resposta que poderiam permitir a *C. canephora* e a *C. arabica* lidar com baixas temperaturas também observaram que *C. canephora* apresentava taxa fotossintética e condutância estomática superiores a *C. arabica* em temperatura de 25 – 20 °C (dia-noite) em câmara de crescimento. Porém, estes autores observaram que há diferenças nesta resposta quanto ao ciclo de maturação, sendo que *C. canephora* cv. Clone 153 (maturação tardia) apresentava taxa superior ao Clone 02 V (maturação precoce). As taxas de fotossíntese e condutância estomática foram inferiores àquelas encontradas neste trabalho o que pode estar associado à idade das plantas e às condições de ambiente.

DaMatta (1995) estudando o desempenho fotossintético e o acúmulo de marcadores bioquímicos de sensibilidade a frio e calor em *C. canephora* e *C. arabica* em períodos de baixas e altas temperaturas (inverno e verão) observou maior plasticidade do aparelho fotossintético em *C. canephora*, o qual apresentou maiores taxas de assimilação de carbono, porém, ainda menor que os valores obtidos neste trabalho para ambas as espécies. Provavelmente devido, mais uma vez à idade das plantas uma vez que o autor utilizou plantas com até um ano de idade e às condições do ambiente.

No mês de julho, ocorre redução significativa nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> em ambos os genótipos em consequência de uma redução na condutância estomática. Desta forma, o desequilíbrio no uso da energia interceptada poderia provocar danos nos fotossistemas, o que também poderia contribuir para redução da fotossíntese pelos efeitos não estomáticos.

Analisando o rendimento quântico do PSII (Figura 6) podemos observar que houve uma pequena redução nos valores de  $F_v/F_m$  no mês de julho comparado ao mês de março entre 8:00 e 10:00 horas. Porém, valores de  $F_v/F_m$  entre 0,75 e 0,85 demonstram eficiente conversão da energia luminosa em nível de PSII (Taiz e Zeiger, 2009). Assim, os valores obtidos neste trabalho ainda se encontram dentro da faixa considerada ótima para que não ocorram danos ao aparelho fotossintético. DaMatta (1995) obteve esta conclusão trabalhando com as mesmas espécies deste estudo. No entanto, os valores de  $F_v/F_m$  entre 12:00 e 13:00 horas, no meses de março, julho e outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e julho e outubro no Clone 02 V podem ter contribuído para redução da fotossíntese neste horário.

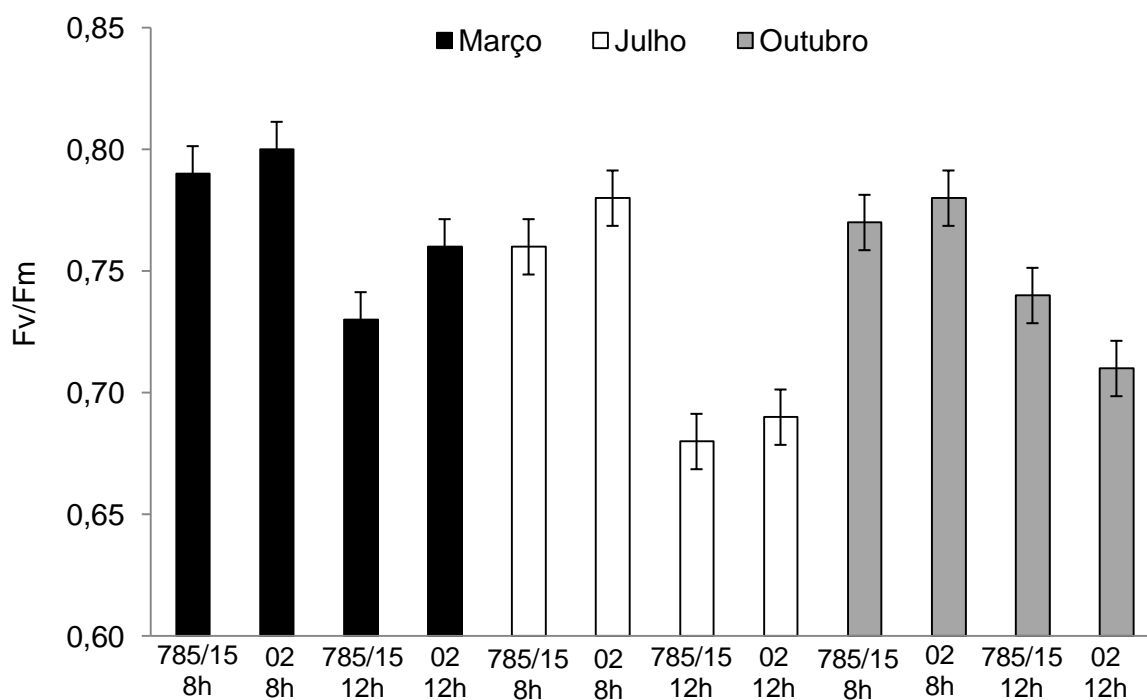


Figura 6 – Eficiência fotoquímica ( $F_v/F_m$ ) entre 8:00 e 10:00 horas e entre 12:00 e 13:00 horas nos meses de março, julho e outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Baixas temperaturas positivas têm em geral impacto negativo na redução de reações químicas e enzimáticas e fluidez da membrana (Partelli et al., 2011). Entre as estruturas da célula, o cloroplasto é geralmente o que é mais

rapidamente e profundamente afetado (Kratsch e Wise, 2000). Estas limitações poderiam ser atribuídas, entre outras causas, a degradação de pigmentos e perda de eficiência fotoquímica, ao aumento dos danos e redução de reparação do processo em nível de PSI e PSII (por exemplo, em proteína D1), restrições do transporte de elétron e atividade das enzimas do metabolismo dos carboidratos e aumento de permeabilidade da membrana do cloroplasto (Allen e Ort, 2001).

Quando as plantas são expostas a estresse ambiental ou biótico, alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência, os quais podem ser quantificados nas folhas (Ribeiro et al., 2003; Baker e Rosenqvist, 2004).

O Clone 02 V apresentou tendência de maiores valores de  $F_v/F_m$  com exceção no mês de outubro entre 12:00 e 13:00 horas. De acordo com o trabalho de Carvalho et al. (2001) os cafeeiros da cultivar Catuaí Vermelho apresentaram maiores médias de emissão de fluorescência do que os cafeeiros Conilon, o que sugere que as folhas de Conilon apresentam maior eficiência do sistema antena para a absorção e transferência de energia luminosa do que Catuaí Vermelho.

As variações nos parâmetros de extinção de fluorescência no cafeeiro parecem estar ligadas à adaptação da maquinaria fotossintética, durante a estação fria, via dissipação da energia de excitação por processos térmicos e, ou, não radiativos. É pouco provável que a fotossíntese seja limitada, em períodos de baixas temperaturas positivas (em condições de campo), pela fase fotoquímica em face da amplitude relativamente pequena das flutuações dos parâmetros de fluorescência, tornando-se difícil estabelecer qualquer relação consistente entre crescimento do cafeeiro e dados de fluorescência (Silva et al., 2004).

Com a diminuição da taxa de assimilação de  $CO_2$  esperava-se um comprometimento da eficiência fotoquímica em julho, uma vez que no metabolismo celular, sob tais condições, pode ocorrer a fuga de elétrons para oxigênio molecular produzindo espécies reativas de oxigênio provocando danos extensos nas células (Perl-Treves e Perl, 2002). No entanto, danos ao aparelho fotossintético não foram aparentemente observados mostrando haver algum tipo de mecanismo (adaptação) para proteção dos fotossistemas. Partelli et al. (2009) observaram que baixas temperaturas (18/13 °C dia/noite) induziram uma diminuição significativa na atividade da Rubisco em *C. arabica* (Catuaí IPR 102)

e *C. canephora* (Conilon 153). Sob condições de frio, efeitos negativos sobre a Rubisco pode resultar do acúmulo de monossacarídeos (Ramalho et al., 2003).

Além disso, a redução da atividade da Rubisco pode ser causada por baixa disponibilidade de Ribulose-1,5-bisfosfato (RuBP) (Fredeen et al., 1990), o que evidencia que a redução observada na taxa fotossintética em baixas temperaturas pode também ser devido ao substrato limitado para o ciclo de Calvin (Partelli et al., 2009).

Segundo Krause (1994), provavelmente a redução de taxas fotossintéticas em resposta às baixas temperaturas acarreta incrementos do estoque de quinonas reduzidas às quais, não sendo convenientemente reoxidadas, induzem decréscimos na razão plastoquinona/plastoquinol que, por sua vez, reduz, *in vivo*, degradação da proteína D1 e o subsequente restabelecimento da atividade do PSII. Como consequência, grande proporção de centros inativos se forma, dissipando energia de excitação em forma de calor e, portanto, reduzindo danos potenciais provenientes do excesso de luz (DaMatta e Maestri, 1998).

Ainda, pela análise da Figura 7A, o Catucaí Vermelho 785/15 provavelmente aumentou o conteúdo de pigmentos em decorrência da redução da temperatura, uma vez que Torres Netto et al. (2005) obtiveram alta correlação entre a leitura do SPAD e conteúdo de clorofila *a*, *b* e carotenóides. No entanto, uma diminuição nos teores dos pigmentos resultando em uma redução na captura de energia pode ser considerada uma resposta à energia luminosa excessiva sob condições de estresse como observado por Partelli et al. (2009).

Porém, segundo Hendry e Price (1993), a clorofila *b* apresenta a função de proteger o aparelho fotossintético do dano fotoinibitório, por meio da dissipação da energia térmica e por meio da proteção contra o ataque do O<sub>2</sub> singleto ao centro de reação do PSII. Segundo Oliveira et al. (2002b) o acúmulo de pigmentos fotossintéticos nestas condições pode ser um dos fatores responsável pela diminuição da peroxidação lipídica.

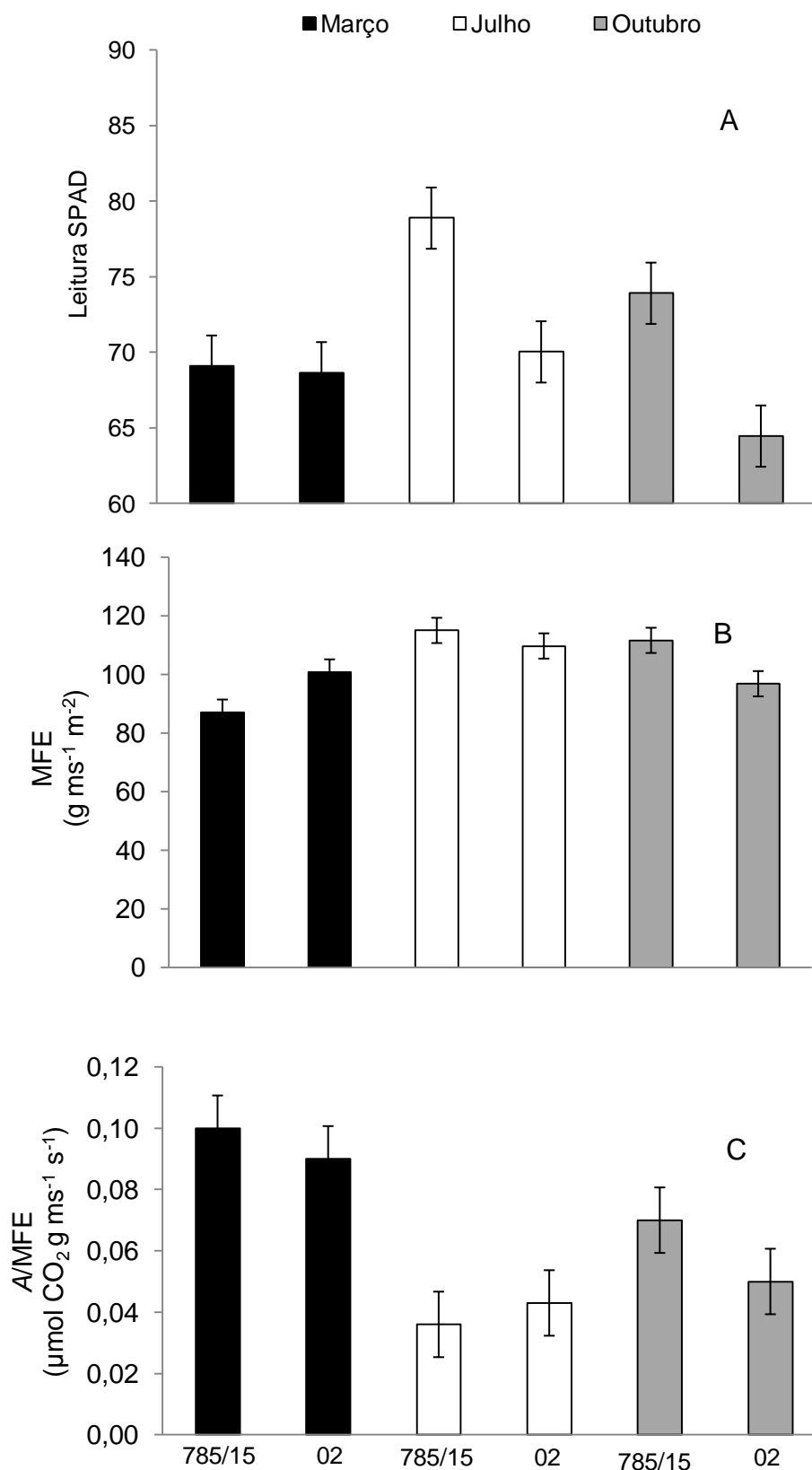


Figura 7 – Leitura SPAD às 8:00 horas (A), Massa foliar específica (B) e Taxa de assimilação específica (C) nos meses de março, julho e outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

O Clone 02 V apresentou valores semelhantes de SPAD não evidenciando aumento do conteúdo de pigmentos. DaMatta (1995) não verificou incrementos na peroxidação de lipídeos no inverno em relação ao verão, provavelmente pelo fato de *C. canephora* (com algumas variações em nível de cultivares) possuir um sistema antioxidante mais eficiente do que *C. arabica*. No trabalho do referido autor, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho apresentou o mesmo conteúdo de clorofila no inverno e verão indicando haver variabilidade genética para esta variável.

Apesar do impacto observado imediatamente após uma súbita exposição ao frio, à exposição às baixas temperaturas durante um período bastante longo pode promover a aclimatação de plantas de café ocorrendo processos envolvendo uma vasta gama de complexos morfológicos e metabólicos e alterações ultraestruturais, a maioria dos quais, controlada por mudanças na expressão de genes (Kratsch e Wise, 2000).

A resistência induzida pelo frio inclui aumentos na atividade de enzimas (por exemplo, do ciclo de Calvin e metabolismo do açúcar), reforço dos mecanismos de dissipação de energia e moléculas antioxidante, alterações qualitativas e quantitativas em lipídios, etc. (Ramalho et al., 2003). Além disso, a manutenção do metabolismo respiratório é também de grande importância, uma vez que permite a produção de energia, produzindo poder redutores e intermediários metabólicos, necessários para a reparação de processos que são cada vez mais importantes sob condições de baixas temperaturas.

Alterações morfológicas e anatômicas provavelmente foram induzidas (Figura 7B) porque ambos os genótipos aumentaram a MFE no mês de julho se comparado ao mês de março. As plantas, quando submetidas às baixas temperaturas podem acumular substâncias crioprotetoras, entre elas a prolina, que podem contribuir para aumentar a espessura da folha (Guy, 1990). Outros trabalhos realizados em outras culturas (Bell et al., 1992; Griffith et al., 1994; Hoek et al., 1993) apontam o espessamento foliar após estresse térmico (baixas temperaturas) como consequência de menor taxa de formação de folhas novas e menor competição entre os drenos. É importante ressaltar que aumento dos valores da leitura do Medidor portátil de clorofila no mês de julho pode ter ocorrido em consequência do aumento da espessura da folha que atuaria como barreira para leitura de absorvância para o aparelho.

DaMatta (1995) encontrou incrementos na concentração de prolina no inverno de 161 e 236% em café arábica e conilon respectivamente como resposta à aclimação ao frio, estando alguns fenômenos associados a este acúmulo como estabilização de membranas e proteínas e manutenção da atividade enzimática. Por outro lado, Jouve et al. (1993) observaram aumentos nos níveis de prolina somente em café arábica, mas não em *C. canephora*, em micro estacas incubadas a 12 °C. Assim variações genéticas também contribuem para as variações que ocorrem em nível de adaptação às baixas temperaturas.

Carvalho et al. (1998) estudando os efeitos morfofisiológicos de exposições noturnas às baixas temperaturas sobre mudas de *C. canephora* e *C. arabica* observaram que a espessura da lâmina foliar dos cafeeiros Conilon aumentou após exposição a  $8 \pm 1^\circ\text{C}$  no início, meio ou fim de noite, enquanto a espessura das lâminas de Catuaí Vermelho não sofreu alteração. No entanto, apesar da temperatura ser abaixo daquela encontrada no presente trabalho outros fatores podem ter contribuir para diferentes repostas incluindo genética da planta, idade e o ciclo fenológico e o fato de que as plantas daquele experimento foram submetidas àquela temperatura em uma única noite.

Carvalho et al. (1998) sugerem que plantas expostas às baixas temperaturas em uma única noite, mesmo sendo por mais horas, apresentem efeitos menores ou diferentes sobre o crescimento, em relação a plantas expostas à baixa temperatura em três noites consecutivas, mas com período de exposição, por noite, menor. Provavelmente porque estaria perturbando o metabolismo em apenas uma noite, no primeiro caso, e por três noites no segundo caso. Talvez para haver efeito de baixas temperaturas de exposição noturna sobre a espessura seja mais importante três noites consecutivas de exposição do que um tempo maior de exposição numa única noite (seis horas).

No mês de outubro, as plantas já haviam dado início ao processo de recuperação da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , ocorrendo também um pequeno aumento na eficiência fotoquímica em ambos os genótipos. Porém, Catuaí Vermelho 785/15 apresentou uma melhor recuperação da taxa fotossintética do que o Clone 02 V. No trabalho conduzido por DaMatta (1995) a redução da concentração de amido pode ter permitido o restabelecimento da evolução do oxigênio fotossintético, com incrementos de cerca de 100% na capacidade fotossintética máxima em Catuaí, sugerindo que a inibição da fotossíntese por

baixas temperaturas seja altamente controlada pela partição de produtos fotossintéticos em nível de cloroplasto.

O acúmulo de carboidratos pode ser, portanto a causa primária da redução da taxa fotossintética em Catucaí, com menores reflexos em Conilon em razão de se ter observado menores teores de amido no inverno nesta cultivar. Dessa forma, o acúmulo de maiores concentrações de carboidratos na folha permitiria um reparo mais rápido do sistema bioquímico, recuperando mais rapidamente as taxas fotossintéticas. Porém no trabalho do referido autor como as avaliações foram realizadas somente em duas épocas (inverno e verão) o período do início da recuperação não foi identificado.

Amaral (1991), trabalhando também em condições de campo, observou que as reduções nas taxas de crescimento de cafeeiros Catucaí, iniciadas em março, foram acompanhadas, a posterior, por incrementos nos níveis de amido. Assim, as flutuações nos teores de amido apresentaram correlações significativas com a temperatura do ar e com a taxa fotossintética sendo que aumento nestas variáveis na época quente provocou redução no teor de amido. Tais resultados corroboram com os de Huang et al. (1989) e Peña-v et al. (1994), que mostraram alta correlação entre inibição da fotossíntese e acúmulo de carboidratos em folhas de espécies sensíveis a baixas temperaturas. Assim, pode-se considerar que o acúmulo de amido observado em folhas do cafeeiro durante a época fria seria uma consequência da redução nas taxas de crescimento e uma importante causa da inibição da fotossíntese.

Caso maiores teores de amidos nas folhas tenham ocorrido, isto também pode ter contribuído para um aumento em MFE uma vez que na avaliação em outubro ocorre uma diminuição nesta variável o que poderia esta associada a uma redução nos teores de amidos (Figura 7B). Assim, os maiores valores em MFE são observados em Catucaí Vermelho 785/15 a partir de julho (mesmo sendo estatisticamente igual neste mês) o que poderia explicar uma recuperação mais rápida em comparação ao Clone 02 V. No mês de março, os maiores valores em Clone 02 V podem estar associados à partição dos fotoassimilados.

Outra possibilidade em associação ou não seria uma recuperação em Catucaí Vermelho 785/15 associada à maiores teores de prolina, a qual acumula em plantas submetidas a vários tipos de estresse e pode ser utilizada como fonte



de energia e esqueletos de carbono e nitrogênio para recuperação mais rápida do tecido vegetal (Aspinal e Paleg, 1981).

Muitos trabalhos obtêm conclusões a respeito da fotossíntese com dados mensurados apenas em relação à área foliar, sendo que uma comparação mais refinada pode ser feita se a fotossíntese é medida na planta inteira em condições ambientais prevaletentes ou se é considerada por peso por unidade de tempo (Poorter et al., 1990). Estes mesmos autores, estudando 24 espécies de plantas  $C_3$  concluíram que a variação na taxa de crescimento relativo entre as espécies investigadas não é provocada por diferenças na taxa de fotossíntese por unidade de área foliar, mas sim pela variação na taxa fotossintética por unidade de peso.

Neste contexto, analisando a Figura 7C, a qual representa a taxa de assimilação de  $CO_2$  específica ( $A/MFE$ ), ou seja, assimilação de  $CO_2$  por grama de matéria seca por segundo podemos observar que no mês de março não houve diferenças significativas entre os genótipos mesmo o Catucaí Vermelho 785/15 apresentando MFE menor do que o Clone 02 V. Porém, o Clone 02 V apresentou um valor um pouco maior na taxa fotossintética (mesmo que estatisticamente igual), o qual pode ter sido suficiente para que os valores de  $A/MFE$  fossem praticamente iguais.

No mês de julho, com aumento da MFE e redução na taxa de assimilação de  $CO_2$  ocorreu uma diminuição na  $A/MFE$  em ambos os genótipos, mas o Clone 02 V apresentando  $A/MFE$  superior a Catucaí Vermelho 785/15 em função deste ter apresentado maior MFE e redução maior na taxa de assimilação de  $CO_2$ . Estes resultados mais uma vez indicam, neste experimento, um melhor desempenho fotossintético em *C. canephora* no inverno. No entanto, em outubro, com diminuição na MFE e aumento na taxa de assimilação de  $CO_2$ , ocorre um aumento nos valores de  $A/MFE$  de ambos os genótipos sendo que o Catucaí Vermelho 785/15 apresenta melhor desempenho devido a melhores taxas de assimilação de  $CO_2$  (Figura 7C). Os resultados evidenciam melhor taxa de recuperação em Catucaí Vermelho 785/15 comparado ao Clone 02 V.

O Clone 02 V apresentou uma taxa de recuperação mais lenta quando comparado com Catucaí Vermelho 785/15, no entanto, em certos períodos o Clone 02 V, chega a apresentar valores mais elevados nas variáveis ligadas diretamente ao potencial fotossintético. Porém, assim como relatado por DaMatta (1995), o Conilon quando cultivado em regiões com temperaturas mais amenas,

mostra crescimento vegetativo vigoroso, mas com maturação tardia de frutos e geralmente com menor produção do que o café arábica, o que foi constatado neste experimento (Tabela 2 e 3) indicando haver diferenças nas partições de fotoassimilados entre fonte e dreno. Sugere-se que o controle interno mediado por hormônios devem ser mais importantes do que o desempenho fotossintético no processo de adaptação às baixas temperaturas.

Assim, o café conilon, quando comparado ao café arábica apresentou média superior em crescimento em altura em todos os meses, 98,02% no acumulado (Tabela 2). Em relação ao comprimento do ramo plagiotrópico, o Clone 02 V apresentou crescimento superior ao Catucaí Vermelho 785/15 (62,64% na acumulado), com exceção dos meses de julho, agosto, setembro e outubro. Porém, quando se compara número de nós por ramo, verifica-se que Catucaí Vermelho 785/15 foi superior em alguns meses (dezembro, janeiro, junho, julho e agosto), o que confere um maior número de nós durante o ano (35,11% superior).

Segundo Bonomo et al. (2004), o número de nós é um bom indicador da quantidade disponível de gemas produtivas, já que é considerado um dos principais componentes de produtividade. O comprimento do ramo é indicativo de maior número de nós produtivos, um dos mais importantes componentes da produtividade (Bonomo et al., 2004; Miranda et al., 2005). Porém, neste trabalho mesmo o Clone 02 V apresentando maior comprimento do ramo plagiotrópico, isso não se refletiu em maior número de nós. Isso pode ter ocorrido em função das divergências genéticas, uma vez que os trabalhos de Bonomo et al. (2004) e Miranda et al. (2005) se referem somente à Catucaí Vermelho e ou em função de mudanças bioquímicas moduladas pelo balanço de hormônios quando *C. canephora* é cultivado em áreas de elevada altitude.

O mês de janeiro se caracterizou como a melhor época de crescimento para ambos os genótipos, provavelmente, devido às precipitações e temperaturas mais altas (Tabela 2).

O crescimento das plantas resulta de interações envolvendo disponibilidade de carboidratos, hormônios, água e minerais. Embora a fotossíntese seja considerada o maior processo fisiológico do crescimento, por fornecer a matéria-prima necessária, o desenvolvimento de uma planta envolve importantes mecanismos regulatórios de conversão e distribuição de assimilados.

Tabelas 2 – Médias de incremento mensal em altura, comprimento do ramo plagiotrópico e número de nós por ramo plagiotrópico em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Mês	Catucaí Vermelho 785/15	Clone 02 V
Altura (cm)		
Dezembro	5,17 b B	7,18 b A
Janeiro	6,54 a B	11,83 a A
Fevereiro	3,36 c B	5,91 b A
Março	3,42 c B	6,46 b A
Abril	1,63 d B	4,46 c A
Maio	1,54 d B	4,46 c A
Junho	1,54 d B	4,27 c A
Julho	1,63 d B	4,00 cd A
Agosto	1,63 d B	4,00 cd A
Setembro	1,28 d B	2,55 e A
Outubro	1,54 d B	2,82 de A
Novembro	3,18 c B	6,37 b A
Acumulado	32,46	64,28
Comprimento do ramo plagiotrópico (cm)		
Dezembro	3,37 abB	5,72 b A
Janeiro	4,01 a B	8,37 a A
Fevereiro	1,92 cd B	3,72 cd A
Março	2,47 bc B	3,82 cd A
Abril	2,03 cd B	3,09 de A
Maio	1,54 cd B	2,91 de A
Junho	1,54 cd B	2,82 de A
Julho	1,54 cd A	1,91 ef A
Agosto	1,46 cd A	1,48 f A
Setembro	1,18 d A	0,96 f A
Outubro	1,27 cd A	1,12 f A
Novembro	2,46 bc B	4,40 c A
Acumulado	24,79	40,32
Nº nós por ramo plagiotrópico		
Dezembro	2,63 b A	1,82 ab B
Janeiro	3,91 a A	2,09 a B
Fevereiro	1,37 cd A	1,63 abc A
Março	2,00 bc A	2,09 a A
Abril	1,46 cd A	1,12 bc A
Maio	1,54 cd A	1,02 bc A
Junho	1,63 cd A	0,94 bc B
Julho	1,63 cd A	0,93 bc B
Agosto	1,54 cd A	0,76 c B
Setembro	0,84 d A	0,77 c A
Outubro	0,93 d A	1,22 abc A
Novembro	1,72 cd A	1,30 abc A
Acumulado	21,2	15,69

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na linha a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Tabela 3 – Médias de produtividade de 2012 de Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Genótipo	Produtividade (litros planta <sup>-1</sup> )
Catucaí Vermelho 785/15	6,17 a
Clone 02 V	3,44 b

Teste F a 5% de probabilidade.

O Catucaí Vermelho 785/15 produziu aproximadamente 80% a mais do que o Clone 02 V (Tabela 3) o que pode estar relacionado ao maior número de internódios. Porém, a quantidade de nós a mais produzida durante o ano talvez por si só (apesar de contribuir) não explique a grande diferença na produtividade. Em adição, os fatores relacionados à indução floral também devem ser elucidados a fim de tentar encontrar respostas mais satisfatórias, uma vez que há uma grande deficiência de conhecimentos bioquímicos, anatomo-citológicos e fisiológicos envolvidos nas fases de indução, diferenciação e dormência das estruturas florais e sua retomada de crescimento, que culmina com a antese (Nascimento et al., 2008).

Em regiões cafeeiras de latitudes elevadas, a fase de crescimento reduzido coincide com a época seca, fria e de fotoperíodo curtos (Rena e Maestri, 1987). A sazonalidade do crescimento durante o ano de avaliação é mostrada nas Figuras 8A, 8B e 8C, onde ocorre uma redução no crescimento em altura, comprimento do ramo plagiotrópico e número de nós por ramo plagiotrópico a partir de abril em ambos os genótipos, o que parece estar relacionado com a diminuição da temperatura, diferente do que ocorreu em fevereiro, onde pouca chuva e altas temperaturas podem ter contribuído para redução do crescimento.

Com relação à temperatura média, as médias encontradas no mês de abril não explicaram a redução do crescimento uma vez que se encontra dentro da faixa considerada ótima para o cafeeiro arábica. Porém quando se observa a temperatura mínima, esta se encontra abaixo daquela considerada como ótima (Figura 1A).

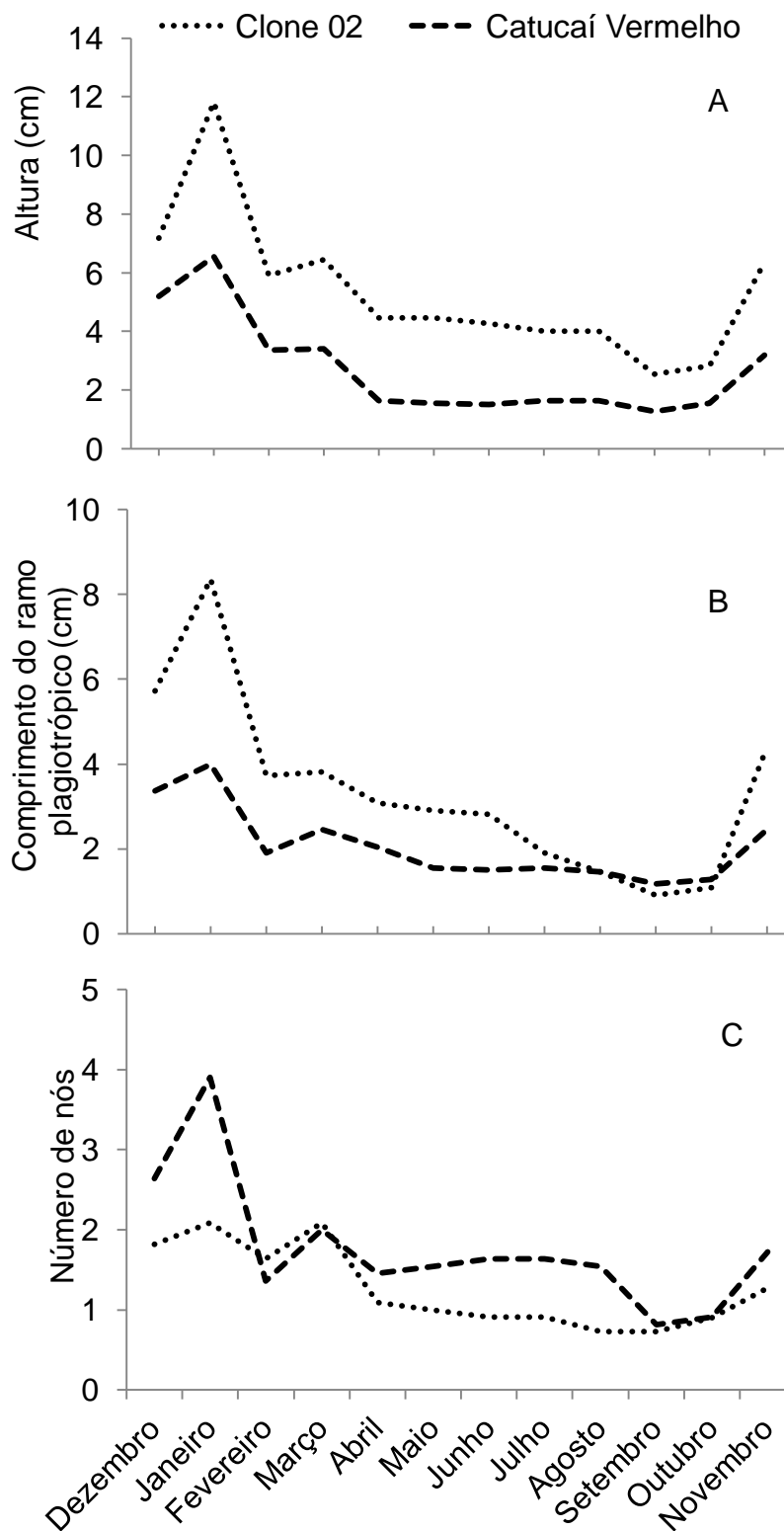


Figura 8 – Incremento mensal em altura (A), comprimento do ramo plagiotrópico (B) e em número de nós por ramo plagiotrópico (C) de dezembro de 2011 a novembro de 2012 em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

A temperatura mínima foi a que melhor correlacionou com o declínio de crescimento em cafeeiro Conilon nos estudos de Partelli et al., (2010 b). Estes mesmos autores concluíram que as flutuações nas taxas fotossintéticas potenciais não explicam as variações no crescimento, e as diminuições ocorridas nessas taxas podem estar relacionadas com resistências bioquímicas nos cloroplastídios.

Além da temperatura, o fato das plantas se encontrarem em estágio de frutificação também pode ter contribuído para essa redução no crescimento. Os frutos constituem os drenos mais fortes das plantas, podendo alocar assimilados das folhas vizinhas e mesmo das regiões mais distantes na planta (Cannell, 1970). Desta forma, a competição imposta durante o desenvolvimento dos frutos pode ser um fator de restrição ao crescimento vegetativo, em virtude da maior mobilização de assimilados para os órgãos reprodutivos, em detrimento dos órgãos vegetativos (Cannell, 1971).

Mesmo, com um aumento da temperatura no mês setembro, não se observa uma recuperação imediata no crescimento (Figuras 8A,8B e 8C) provavelmente devido à limitações hídricas (Figura 1A) . Assim, no mês de outubro, com uma pequena quantidade de precipitação ocorre uma retomada do crescimento.

Há necessidade de se observar também que diferenças de produtividade poderiam estar associadas mais diretamente com a manutenção de uma área foliar sadia (maiores taxas de fotossíntese da planta inteira, ao longo do tempo) e arquitetura de copa mais favorável à maximização das trocas gasosas do que variações nas taxas de fotossíntese líquida de folhas isoladas (DaMatta et al., 2003).

Os dados obtidos neste trabalho sugerem que alterações bioquímicas envolvidas na partição de fotoassimilados sejam mais significativas do que alterações ocorridas no processo de fotossíntese quando *C. canephora* é cultivado em áreas de altitude elevada. Entretanto, outros trabalhos devem ser desenvolvidos com maior número de genótipos levando-se em consideração o ciclo de maturação em associação com outras variáveis, além daquelas utilizadas neste experimento, as quais incluem o balanço de hormônios e moléculas envolvidas na indução floral.

## CONCLUSÕES

O Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V apresentaram declínio na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> quando ocorreram temperaturas mais baixas no mês de julho.

Baixas temperaturas positivas induziram aumento da MFE em ambos os genótipos e aumento da leitura SPAD em Catucaí Vermelho 785/15.

O Catucaí Vermelho 785/15 apresentou uma recuperação da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> mais rápida do que o Clone 02 V.

O Clone 02 V apresentou maior taxa de crescimento em altura do ramo ortotrópico e comprimento do ramo plagiotrópico enquanto que o Catucaí apresentou maior número de nós.

O Catucaí vermelho 785/15 apresentou maior produtividade do que o Clone 02 V.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, G. (1959) Climats et caféiers d'Arabie. *Agronomie Tropicale*, 14 (1): 23 – 58.
- Allen, D.J., Ort, D.R. (2001) Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm climate plants. *Trends in Plant Science*, 6 (1): 36-42.
- Allen, D.J., Ratner, K., Giller, Y.E., Gussakovsky, E.E., Shahak, Y., Ort, D.R. (2000) An overnight chill induces a delayed inhibition of photosynthesis at midday in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Experimental Botany*, 51 (352): 1893 – 1902.
- Amaral, J. A. T., Rena, A. B., Amaral, J. F. T (2006) Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência

- estomática e fotossíntese. *Pesquisa. Agropecuária Brasileira*, 41 (3): 377–384.
- Amaral, J.A.T. (1991) *Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotossíntese e assimilação do nitrogênio*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 139p.
- Aroca, R., Vernieri, P., Irigoyen, J.J., Sánchez-Díaz, M., Tognoni, F., Pardossi, A. (2003) Involvement of abscisic acid in leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress. *Plant Science*, 165 (1): 671 – 679.
- Aspinall, D., Paleg, G. (1981) Proline accumulation, physiological aspects. In: Paleg, G., Aspinall, D. (eds). *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Sidney: Academic Press, p. 206 – 242.
- Baker, N.R., Rosenqvist, E. (2004) Applications Of Chlorophyll Fluorescence Can Improve Crop Production Strategies: An Examination Of Future Possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 55 (403):1607-1621.
- Bell, M. J., Wright, G. C., Hammer, G. L. (1992) Night temperature affects radiation-use efficiency in peanut. *Crop Science*, 32 (6): 1329 – 1335.
- Bergonci, J.I., Pereira, P.G. (2002) Comportamento do potencial da água na folha e da condutância estomática do milho em função da fração de água disponível no solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 10 (2): 229 – 235.
- Bonomo, P., Cruz, C.D., Viana, J.M.S., Pereira, A.A., Oliveira, V.R., Carneiro, P.C.S. (2004) Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. *Bragantia*, 63 (2): 207 – 219.
- Camargo, A. P. (1985) O clima e a cafeicultura no Brasil. Informe Agropecuário, 11 (1): 13 – 26.
- Campostrini, E., Maestri, M. (1998) Photosynthetic potential of five genotypes of *Coffea canephora* Pierre. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10 (1):13 – 18.
- Cannell, M.G.R. (1970) Contribution of carbohydrates from vegetative laterals of the growth of fruits on the bearing branches of *Coffea arabica*. *Turrialba*, 20 (1): 15 – 19.



- Cannell, M.G.R. (1971) Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. *Annals of Applied Biology*, 67 (1): 99 – 120.
- Carvalho, L. M., Silva, E. A. M., Mosquim, P. R., Azevedo, A. A., Cecon, P. R. (1998). Alterações morfofisiológicas em cafeeiros submetidos a baixas temperaturas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10 (2): 131 – 136.
- Carvalho, L. M., Silva, E. A. M., Azevedo, A. A., Mosquim, P. R., Cecon, P. R. (2001) Aspectos morfofisiológicos das cultivares de cafeeiro Catuaí Vermelho e Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (3): 411 – 416.
- Coste R (1992) *Coffee - The Plant and the Product*. 2. eds. London: MacMillan Press Ltd, 328p.
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes (versão Windows): aplicativos computacionais em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p.
- DaMatta, F.M.,Chaves, A. R. M., Pinheiro, H. A. , Ducatti, C., Loureiro, M. E (2003) Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. *Plant Science*, 164 (1): 111 – 117.
- DaMatta, F. M., Rena, A. B. (2000) Relações hídricas no cafeeiro. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 1, 2000, Poços de Caldas. Palestras. Brasília, DF: Embrapa Café, p. 9 – 44.
- DaMatta, F. M., Maestri, M. (1998) Photoinhibition and recovery of photosynthesis in *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Photosynthetica*, 34 (3): 439 – 446.
- DaMatta, F. M. (1995) *Desempenho fotossintético do cafeeiro em resposta às tensões abióticas*. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 76p.
- DaMatta, F. M., Ramalho, D. C. (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (1): 55 – 81.
- DaMatta, F.M., Silveira, J. S. M., Ducatti, C., Loureiro, M.E. (2000) Eficiência do uso da água e tolerância à seca em *Coffea canephora*. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 1, Poços de Caldas. Brasília: Embrapa Café, p. 907 – 910.
- Epron, D., Godard, D., Cornic, G., Genty, B. (1995) Limitation of net CO<sub>2</sub> assimilation rate by internal resistances to CO<sub>2</sub> transfer in the leaves of two

- tree species (*Fagus sylvatica* L. and *Castanea sativa* Mill.). *Plant Cell Environ* 18 (1): 43 – 51.
- Facco, A. G., Ribeiro, A., Sedyama, G. C., Leite, F. P., Barros, N. F. (2009) Saldo de radiação em plantios de eucalipto em áreas de relevo ondulado. *Revista Árvore*, 33 (3): 471 – 480.
- Google Earth. (2011) <<http://earth.google.com>> em 20 set 2011.
- Griffith, M., Boese, S. R., Huner, N. P. A. (1994) Chilling sensitivity of the frost-tolerance potato *solanum commersonii*. *Physiologia Plantarum*, 90 (2): 319 – 326.
- Grimm, A. M. (1999) Meteorologia básica: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/> em 15/01/2013. Página mantida Universidade Federal do Paraná.
- Guy, C. L. (1990) Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41 (1): 187 – 223.
- Hendry, G.A.F., Price, A.H. (1993) Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G.A.F. Grime, J.P. (Eds.). *Methods in Comparative Plant Ecology*. London: Chapman & Hall, p.123 – 127.
- Hoek, I. H. S., Cate, C. H. H. T., Keijzer, C. J., Schel, J. H., Dons, H. J.M. (1993) Development of the fifth leaf is indicative for whole plant performance at low temperature in tomato. *Annals of Botany*, 72 (4): 367– 374.
- Huang, K.L., Wong, S.C., Terashima, I., Zhang, X., LIN, D.X., Osmond, C.B. (1989) Chilling Injury in Mature Leaves of Rice. I. Varietal Differences in the Effects of Chilling on Canopy Photosynthesis Under Simulated 'Dry Cold Dew Wind' Conditions Experienced in South-East China. *Australian Journal of Plant Physiology*, 16 (4): 312 – 337.
- ICO - International Coffee Organization (2013): Botanical Aspects. <http://www.ico.org/botanical.asp> em 05/03/2013. Página mantida pela ICO.
- Jouve, L., Engelmann, F., Noirot, M., Charrier A. (1993) Evaluation of biochemical markers (sugar, proline, and melonedialdehyde and ethylene) for cold sensitivity in microcuttings of two coffee species. *Plant Science* 91 (1): 109 – 116.
- Kerbaui, G. B. (2004) *Fisiologia vegetal*. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 470p.

- Krause, G. H. (1994) Photoinhibition induced by low temperatures. In: Baker, N. R. e Bowyer, J. R. eds. *Photoinhibition of photosynthesis -from molecular mechanisms to thefield*. Oxford: Bios Scientific Publishers, p. 331 – 348.
- Kumar, D., Tieszen, L.L. (1980) Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of light and temperature. *Experimental Agriculture*, 16 (1): 13 – 19.
- Leidi, E.O., Lopez, J.M., Lopez, M., Gutierrez, J.C. (1993). Searching for tolerance to water stress in cotton genotypes: photosynthesis, stomatal conductance and transpiration. *Photosynthetica*, 28 (1): 383 – 390.
- Machado, E. C., Lagoa, A. M. M. A. (1994) Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. *Bragantia* 52(2): 141 – 149.
- Machado, E. C., Quaggio, J. A., Lagôa, A. M. M. A., Ticelli, M., Furlani, P.R. (1994) Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com Clorose Variegada dos Citros. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 6(1): 53 – 57.
- Martins, S. C. V., Pereira, L. F., Reis, J. V., Sanglard, L. M. V. P., Lopés, N. F. R.; Detmann, K. C. S., Morais, L. E., Silva, P. E. M, Cavatte, P. C., DaMatta. F. M. (2011) Limitações e potencialidades da fotossíntese no cafeeiro em função da irradiância. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 7*, Araxá. Brasília: Embrapa Café.
- Matiello, J. B. (1998) *Café Conilon: Como Plantar, Tratar, Colher, Preparar e Vender*. 1. ed. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 162p.
- Miranda, J. M., Perecin, D., Pereira, A. A. (2005) Produtividade e resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. Et Br.) de progênies F5 de Catuaí Amarelo com o Híbrido de Timor. *Ciência e Agrotecnologia*, 29 (6): 1195-1200.
- Nascimento, M. N., Alves, J. D., Soares, A. M., Castro, E. M, Magalhães, M. M., Alvarenga, A. A., Silva, G. H. (2008) Alterações bioquímicas de plantas e morfológicas de gemas de cafeeiro associadas a eventos do florescimento em resposta a elementos meteorológicos. *Ciência Rural*, 38 (5): 1300 – 1307.
- Nunes, M. A., Bierhuizen, J. F., Ploeman, C. (1969) Studies on productivity of coffee. III. Differences in photosynthesis between four varieties of coffee. *Acta Botanica Neerlandica*, 18 (1): 420 – 424.
- Oliveira, J. G., Alves, P. L. C. A., Magalhães, A. C. (2002b) The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings. The

- protective action of chloroplastid pigments. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14 (2): 95 – 104.
- Oren, R., Sperry, J.S., Katul, G.G., Pataki, D.E., Ewers, B.E., Phillips, N., Schafer, K.V.R. (1999) Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment*, 22 (12): 1515 – 1526.
- Paiva, R., Oliveira, L. M. (2006) *Fisiologia e Produção Vegetal*. 1. ed. Lavras: UFLA, 104 p.
- Partelli, F. L., Batista-Santos, P., Campos, P. S., Pais, I., Quartin, V. L.,Vieira, H. D., Ramalho, J.C. (2011) Characterization of the Main Lipid Components of Chloroplast Membranes and Cold Induced Changes in Coffea sp. *Environmental and Experimental Botany*, 74 (1): 194 – 204.
- Partelli, F. L., Vieira, H. D., Silva, A. G., Ramalho, J. C. (2010b) Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. *Semina: Ciências Agrárias*, 31 (3): 619 – 626.
- Partelli, F. L., Vieira, H. D., Viana, A. P., Santos, P. B., Rodrigues, A. P., Leitão, A. L., Ramalho, J. C. (2009) Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44 (11): 1404 – 1415.
- Perl-Treves R, Perl A (2002) Oxidative stress: An introduction. *In: Inzé D, Van Montagu M (eds). Oxidative Stress in Plants*. London: Taylor & Francis, p.1-32.
- Peña-v., C.B., Perales-r., H.R., Lagunes-e., L.C. (1994) Chilling effects on leaf photosynthesis and seed yield of *Phaseolus vulgaris*. *Canadian Journal of Botany*, 72 (10): 1403 – 1411.
- Poorter, H., Remkes, C., Lambers, H. (1990) Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant Physiology*, 94 (2): 621 – 627.
- Queiroz, C. G. S., Mares-Guia, M. L., Magalhães, A. C. (2000) Microcalorimetric evaluation of metabolic heat rates in coffee (*Coffea arabica* L.) roots of seedlings subjected to chilling stress. *Thermochimica*, 351 (1): 33 – 37.
- Ramalho, J.C., Pons, T.L., Groeneveld, H.W., Azinheira, H.G., Nunes, M.A., 2000. Photosynthetic acclimation of high light conditions in mature leaves of Coffea

- arabica L.: role of xanthophylls, quenching mechanisms and nitrogen nutrition. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27 (1): 43 – 51.
- Ramalho, J. C., Quartin, V. L., Leitão, E., Campos, P. S., Carelli, M. L. C., Fahl, J. I., Nunes, M. A. (2003) Cold acclimation ability and photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. *Plant Biology*, 5 (11): 631 – 641.
- Reddy, A. G. S. M. (1979) Quiescence of coffee flower buds and observations on the influence of temperature and humidity on its release. *Journal of Coffee Research*, 9 (1): 1-13.
- Reis, F. O., Campostrini, E. (2008) Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo. *Bragantia*, 67 (4): 815 – 822.
- Rena, A. B. (2000) Consequências fisiológicas das baixas temperaturas no cafeeiro. *Circular Técnica*. Lavras: EPAMIG/CRSM, (99), 2p.
- Rena, A.B., Maestri, M. (1987) Ecofisiologia do cafeeiro. In: Castro, P.R.C., Ferreira, S.O., Yamada, T. (eds.). *Ecofisiologia do cafeeiro*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.119 – 147.
- Ribeiro, R.V., Machado, E.C., Oliveira, R.F. (2003). Early Photosynthetic Responses Of Sweet Orange Plants Infected With *Xylella Fastidiosa*. *Physiological And Molecular Plant Pathology*, London, 62 (3) :167 – 173.
- Seixas, G.B. (2009) *Determinação da transpiração em plantas de Nim Indianos (Azadirachta indica A. Juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva*. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Mato Grosso – MT, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 88p.
- Silva, E. A., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F. B., Pires, R. C. M. (2009) Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do estado de São Paulo. *Bragantia*, 68 (2): 493 – 501.
- Silva, E. A., DaMatta, F. M., Ducattl, C., Regazzi, A. J., Barros, R. S. (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, 89 (2-3): 349 – 357.
- Souza, F. F., Santos, J. C. F., Costa, J. N. M., Santos, M. M. (2004) Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia. Documento, 93. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 21p.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.

- Tatagiba, S. D., Pezzopane, J. E. M., Reis, E. F., Penchel, R. M. (2007) Trocas gasosas e potencial da água em clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico *Engenharia na Agricultura*, 15 (3): 212 – 227.
- Torres Netto, A., Campostrini, E., Oliveira, J. G., Bressan-Smith, R. E. (2005) Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulture*, 104 (1): 199 – 209.
- Wang, H., Miyazaki, S., Kawai, K., Deyholos, M., Galbraith, D. W., Bohnert, H.J. (2003) Temporal progression of gene expression responses to salt shock in maize roots. *Plant Molecular Biology*, 52 (4): 873 – 891.
- Warren, C.R., G.J. Ethier, N.J. Livingston, N.J. Grant, D.H. Turpin, D.L. Harrison and T.A. Black. (2003) Transfer conductance in second growth Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) canopies. *Plant Cell Environ.* 26 (1): 1215 – 1227.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Nos últimos anos foram lançadas várias cultivares de café com resistência à *H. vastatrix* e *M. exigua*, sendo estes problemas fitossanitários aliados à ausência de outras tecnologias, responsáveis pela queda de produtividade das lavouras no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Porém, ainda não existem estudos de adaptabilidade e avaliação das respostas destas cultivares na região.

O café Conilon apresenta maior produtividade tornando-se mais uma alternativa para os produtores. Porém é mais susceptível a baixas temperaturas em comparação ao café arábica. Assim, trabalhos relacionando eventos fisiológicos e ambientes são necessários para auxiliar na compreensão dos fatores que envolvem os mecanismos de susceptibilidade ou adaptação de *C. canephora* em áreas de altitude elevada.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade de 25 genótipos de *C. arabica* visando a recomendação dos genótipos superiores (Capítulo 1) e as respostas fisiológicas de *C. Canephora* em áreas de elevada altitude (Capítulo 2) na região Noroeste do Rio de Janeiro.

Para o experimento do capítulo 1 foram utilizados 25 genótipos de café arábica, plantados em fevereiro de 2007, em espaçamento 2,5 x 0,8 m em delineamento inteiramente ao acaso com 5 repetições e 8 plantas por repetição. Foi mensurada a altura de planta, diâmetro do caule e número de ramos plagiotrópicos e as colheitas do ano de 2009 a 2012.

Para o experimento do capítulo 2 foram utilizados genótipos de *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, em espaçamento 2,2 x 0,5 m, e de *C. canephora* cv. Clone 02 V da cultivar Vitória Incaper 8142 em espaçamento 3 x 1 m, sendo que o plantio foi realizado em dezembro de 2008. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso com 12 repetições. Foi mensurado, entre 5:00 e 6:00 e 12:00 e 13:00 horas o potencial hídrico foliar, entre 8:00 e 10:00 e 12:00 e 13:00 horas a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a taxa de transpiração, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e o rendimento quântico do PSII. Também foi mensurada a massa foliar específica e a leitura SPAD. Todas as avaliações foram realizadas em três épocas sendo março, julho e outubro. A cada 30 dias, por um período de 13 meses (dezembro 2011 a dezembro de 2012) foi mensurado o crescimento em altura do ramo ortotrópico, o comprimento do ramo plagiotrópico e número de nós por ramo plagiotrópico e no ano de 2012 foi mensurada a produtividade.

Em relação ao experimento do capítulo 1 conclui-se que: houve correlação fenotípica entre as características vegetativas e a produtividade na terceira colheita em 2011; houve correlação fenotípica negativa entre a altura de planta e o número de ramos plagiotrópicos e entre o diâmetro e o número de ramos plagiotrópicos na quarta colheita em 2012; Os genótipos que apresentaram as características agronomicamente superiores e que podem ser recomendados para a região são: Catucaí Amarelo 2 SL, Catiguá MG 02, Acauã, Palma II, Sabiá 398, IPR 103, IPR 100, Catucaí Amarelo 24/137 e Catucaí Amarelo 20/15.

Em relação ao experimento do capítulo 2 conclui-se que: os genótipos apresentaram desempenho fotossintético similar no mês de março; o Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V apresentaram declínio na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> quando ocorreram temperaturas mais baixas; baixas temperaturas positivas induziram aumento da MFE em ambos os genótipos e aumento da leitura SPAD em Catucaí Vermelho 785/15; o Catucaí Vermelho 785/15 apresentou uma recuperação da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> mais rápida do que o Clone 02 V; O Clone 02 V apresentou maior taxa de crescimento em altura do ramo ortotrópico e comprimento do ramo plagiotrópico enquanto que o Catucaí apresentou maior número de internódios; o Catucaí vermelho 785/15 apresentou maior produtividade do que o Clone 02 V.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café (2013) <http://www.abic.com.br> em 19/02/2013. Página mantida pela ABIC.
- Adams III WW, Barker DH (1998) Seasonal changes in xanthophylls cycle-dependent energy dissipation in *Yucca glauca* Nuttall. *Plant Cell Environ*, 21(5): 501 – 511.
- Allen, D.J., Ort, D.R. (2001) Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm climate plants. *Trends in Plant Science*, 6 (1): 36 – 42.
- Amarante C. V. T., Bisognin, D. A., Steffens, C. A., Zanardi, O. Z., Alves, E. O. (2008) Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. *Horticultura Brasileira* 26 (1): 471 – 475.
- Almeida, A. A. P., Oliveira, L. S., Moraes Santos, T., Glória, M. B. A. (2003) Café e saúde: três décadas de estudos. *Revista Brasileira de Armazenamento*, edição especial, (7): 56-63.
- Anthony, F., B, Bertrand., O, Quiros., A, Wilches., P, Lashermes., J, Berthaud., A, Charrier. (2001) Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. *Euphytica*, 118 (1): 53 – 65.
- Argenta, G., Silva, P.R.F., Bortolini, C.G. (2001) Teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais. *Ciência Rural*, 31(3): 715 – 722.
- Bandurski, R.S., Scott, F.M., Pflug, M., Went, F.W. (1953) The effect of temperature on the color and anatomy of tomato leaves. *American Journal of Botany*, 40 (1): 41 – 46.

- Barros, R.S., Mota, J.W.S., DaMatta, F.M., Maestri, M. (1997) Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. *Field Crops Research*, 54 (1): 65 – 72.
- Batista-Santos, P., Lidon, F.C., Fortunato, A., Leitão, A. E., Lopes, E., F. Partelli, F. L., Ribeiro, A. I., Ramalho, J. C. (2011) The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp.—Photosystem sensitivity, photoprotective mechanisms and gene expression. *Journal of Plant Physiology* 168 (1): 792 – 806.
- Bauer, H., Wierer, R., Hatheway, W. H., Larcher, W. (1985) Photosynthesis of *Coffea arabica* after chilling. *Physiologia Plantarum* . 64 (4): 449 – 454.
- Bergonci, J.I., Bergamaschi, H., Berlato, M.A., Santos, O.S. (2000) Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35 (8): 1531 – 1540.
- Bergonci, J.I., Pereira, P.G. (2002) Comportamento do potencial da água na folha e da condutância estomática do milho em função da fração de água disponível no solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 10 (2): 229 – 235.
- Berthaud, J. (1980) L'incompatibilité chez *Coffea canephora* method de test et déterminisme génétique. *The Nogent-sur-Marne*, 24 (1):167 – 174.
- Bjorkman, O., Demmig, B. (1987) Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170 (4): 487 – 504.
- Brasil (2013) – Ministério da agricultura – Saiba mais: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais> em 26/03/2013. Página mantida pelo Ministério da Agricultura.
- Bridson, D.M., Verdcourt, B. (1988) *Flora of Tropical East Africa: Rubiaceae*. 2. ed. Cape Town: Iziko Museums of Cape Town, 747p.
- Cai, C-T., Cai, Z-Q., Yao, T-Q., Qi, X. (2007) Vegetative growth and photosynthesis in coffee plants under different watering and fertilization managements in Yunnan, SW China. *Photosynthetica*, 45 (3): 455 – 461.
- Campos, P. S., Quartin, V., Ramalho, J. C., Nunes, M. A. (2003) Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. *Plants. Journal of Plant Physiology*, 160 (3): 283 – 292.
- Carvalho, A. (1993) *Histórico do desenvolvimento do cultivo do café do Brasil*. Documento IAC, 34. Campinas: IAC, 7p.

- Carvalho, A. (2007) *Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil*. Documentos IAC, 34. Campinas: Instituto Agrônomo, 8 p.
- Carvalho, L. M., Silva, E. A. M., Mosquim, P. R., Azevedo, A. A., Cecon, P. R. (1998). Alterações morfofisiológicas em cafeeiros submetidos a baixas temperaturas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10 (2): 131 – 136.
- Carvalho, A., Mênaco, L. C. (1964) Natural crosspollination in *C. arabica*. *Proceedings of the International Horticultural Congress*, 16, Brussels: International Society for Horticultural Science , v.4, p. 447 – 449.
- Carvalho, A., Scaranari, H. J., Antunes Filho, H., Mênaco, L. C. (1961) Melhoramento do cafeeiro. 22 - Resultados obtidos no ensaio de eleições regionais de Campinas. *Bragantia*, 20 (30): 711 – 740.
- Carvalho, C. H. S. (2008) *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. 1. ed. Brasília: Embrapa Café, 334p.
- CCCRJ - Centro de comércio de café do Rio de Janeiro (2010) Café no Rio: Evolução da Produção: <http://www.cccrj.com.br/rio/producao.html>. em 18/12/2012. Página mantida pelo Centro de comércio de café do Rio de Janeiro.
- Chevalier, A. (1942) *Les caféiers du globe. II. Iconographie des caféiers sauvages et cultivés des Rubiacées prises pour des caféiers*. Paris, Paul Le Chevalier, 158 p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2013) Café Brasil: Série histórica de produção:<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/> em 15/01/2013. Página mantida pela CONAB.
- Conagin, C. H. T. M., Mendes, A. J. T. (1961) Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: autoincompatibilidade em *Coffea canephora*. *Bragantia*, 20 (34): 787- 804.
- Contarato, C. C., Sobreira, F. M., Tomaz, M. A., Jesus Junior, W. C., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G. (2010) Evaluation of the initial development of conilon coffee clones (*Coffea canephora*). *Scientia Agraria*, 11 (1): 65 – 71.
- Costa, G.F., Marengo, R.A. (2007) Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica*, 37 (2): 229 – 234.

- Cruz, J.L., Coelho, E.F., Pelacani, C.R., Coelho Filho, M.A., Dias, A.T., dos Santos, M.T. (2004) Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. *Bragantia* 63. (3): 351 – 361.
- Dadalto, G. G., Barbosa, D. A. (1997) *Zoneamento Agroecológico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo*. Vitória: SAEG, 28p.
- DaMatta F.M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*. 86 (2-3): 99 – 114.
- DaMatta, F. M., Loos, R. A., Rodrigues, R., Barros, R. S. (2001) Actual and photosynthetic rates of tropical crops species. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13 (1): 24 – 32.
- DaMatta, F. M., Loos, R. A., Silva, E. A., Loureiro, M. E., Ducatti, C. (2002) Effects of soil water deficit and nitrogen nutrition on water relations and photosynthesis of pot-grown *Coffea canephora* Pierre. *Trees* 16 (8): 555 – 558.
- DaMatta, F. M., Maestri, M., Mosquim, P. R., Barros, R. S. (1997). Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. *Plant Science* 128 (1): 43 – 50.
- DaMatta, F. M., Ramalho, J.D.C. (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (1): 55 – 81.
- DaMatta, F. M., Rena, A. B. (2000) Relações hídricas no cafeeiro. *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 1, 2000, Poços de Caldas. Palestras. Brasília, DF: Embrapa Café, p. 9 – 44.
- Davis, A. P., Govaerts, R., Bridson, D. M., Stoffelen, P. (2006) An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152 (4): 465 – 512.
- Demmig-Adams, B., Adams, W. W., Barry, A. L., Verhoeven, A. S. (1995) Xanthophyll cycle-dependent energy dissipation and flexible photosystem II efficiency in plants acclimated to light stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22 (2): 249 – 260.
- Dornhoff, G.M., Shibles, R.M. (1970). Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. *Crop Science* 10 (1): 42 – 45.
- Eira, M. T. S., Fazuoli, L. C., Guerreiro Filho, O., Silvarolla, M. B., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G., Sera, T., Pereira, A. A., Sakiyama, N. S.,

- Zambolim, L., Carvalho, C. H., Souza, L. P. F. F. (2007) *Banco de Germoplasma de Café no Brasil*. Documento, 243. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 18p.
- EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (2012) Novas cultivares de café desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da EPAMIG: [www.epamig.br/index.php](http://www.epamig.br/index.php). em 18/11/2012 página mantida pela EPAMIG.
- Fazuoli, L. C. (1986) Genética e melhoramento do cafeeiro. In: Rena, A. B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T (Eds). *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 87 – 113.
- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., Bragança, S. M., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. S. (2007a) Cultivares de café conilon. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., Muner, L. H. (Eds). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, p. 205 – 221.
- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., Muner, L. H., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. S., Marques, E. M. G., Zucатели, F. (2007b) Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas. Incaper.circular técnica, 03-I. Vitória: Incaper, 60 p.
- Fortunato, A. S., Lidon, F. C., Batista-Santos, P., Leitão, A. E., Pais, I. P., Ribeiro, A. I., Ramalho, J. C. (2010) Biochemical and molecular characterization of the antioxidative system of *Coffea* sp. under cold conditions in genotypes with contrasting tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 167 (1): 333 – 342.
- Freitas, Z.M.T.S., Oliveira, F.J., Carvalho, S.P., Santos, V.F., Santos, J.P. O. (2007) Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. *Bragantia*, 66 (2): 267 – 275 .
- Gandra, A., Adjuto, G. (2010) Centro – Sul do Rio de Janeiro pode voltar a cultivar café: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/213608.html> em 18/10/2012 página mantida pela Agrosoft.
- IAC - Instituto Agronômico de Campinas (2012) Os cultivares de café: [http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro\\_cafe](http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe). em 18/11/2012 página mantida pelo Instituto Agronômico de Campinas.

- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: <[http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf)>. em 20/03/13. Página mantida pelo IPCC.
- IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná (2012) Cultivares lançadas pelo IAPAR: [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/cult\\_iapar1980\\_2008.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cult_iapar1980_2008.pdf) em 15/12/2012 página mantida pelo Instituto Agronômico do Paraná.
- Kanechi, M., Uchida, N. U., Yasuda, T., Yamaguchi, T. (1996) Nonstomatal inhibition associated with inactivation of Rubisco in dehydrated coffee leaves under unshaded and shaded conditions. *Plant & Cell Physiology*, 37 (4): 455 – 460.
- Karpinski, S., Wingsle, G., Karpinska, B., Hällgren, J. E. (2002) Low-temperature stress and antioxidant defense mechanisms in higher plants. *In*: Inzé, D., Van Montagu, M. (eds). *Oxidative Stress in Plants*. London: Taylor & Francis, p.69-103.
- Kasprzewska, A. (2003) Plant chitinases - regulation and function. *Cellular and Molecular Biology . Lett.* 8 (2):809 – 824.
- Kornyeyev, D., Logan, B. A., Payton, P., Allen, R. D., Holaday, A. S. (2001) Enhanced photochemical light utilization and decreased chilling-induced photoinhibition of photosystem II in cotton over expressing genes encoding chloroplast-targeted antioxidant enzymes. *Physiology. Plantarum.* 113 (6): 323 – 331.
- Kratsch H. A., Wise, R. R. (2000) The ultra structure of chilling stress. *Plant, Cell and Environment*, 23 (4): 337– 350.
- Krug, C.A., Mendes, J.E.T., Carvalho, A. (1939) *Taxonomia de Coffea arabica L.: descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo*. Boletim técnico, 62. Campinas, Instituto Agronômico, 1939. 57p.
- Krug, C.A., Mendes, J.E.T., Carvalho, A. (1949) *Taxonomia de Coffea arabica L.: II. Coffea arabica L. var. Caturra e sua forma xanthocarpa*. *Bragantia*, Campinas, 9 (2): 157 – 163.
- Larcher W (1981) Effects of low temperature stress and frostinjury on plant productivity. *In*: Johnson CB (ed). *Physiological Processes Limiting Plant Productivity*. London: Butterworths, p.253-269.
- Larcher, W. (2004) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 531 p.

- Lashermes, P., Combes, M. C., Robert, J., Trouslot, P., D'Hont, A., Anthony, F., Charrier, A. (1999) Molecular characterization and origin of the *C. arabica* L. genome. *Molecular Genetic*, 261 (9): 259 – 266.
- Lehninger, A. L. Nelson, D. L. Cox, M. M. (1995) *Princípios de bioquímica*. 2 ed. São Paulo: Sarvier, 725p.
- Machado, E. C., Lagoa, A. M. M. A. (1994) Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. *Bragantia* 52(2): 141 – 149.
- Marcolan, A. L., Ramalho, A. R., Mendes, A. M., Teixeira, C. A. D., Fernandes, C. F., José Nilton Medeiros Costa, J. N. M., Vieira Júnior, J. R., Oliveira, S. J. M., Fernandes, S. R., Veneziano, W. (2009) *Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia. 61 p.
- Marogado, A. A. M. (2009) Produção de Café no Brasil – Uma Visão Produção Arábica e Robusta: <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php> em 15/10/2012. Página mantida pela revista cafeicultura.
- Matiello, J. B., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R. (2009) *Como formar cafezais produtivos*. 1. ed. Varginha: Fundação Procafé, 150p.
- Matiello, J. B., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., Fernandes, D. R. (2010) *Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. 3 ed. Rio de Janeiro: Bom Pastor, 542p.
- Mazzafera, P., Carvalho, A. (1987) Produção e tolerância à seca de cafeeiros. *Bragantia*, 46 (2): 403 – 415.
- Medina filho, H. P., Bordigno, N. R. (2008) Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: Carvalho, C. H. S. (org). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café, p. 65 – 82.
- Meinzer, F.C., Clearwater, M.J., Goldstein, G. (2001) Water transport in trees: current perspectives, new insights and some controversies. *Environmental & Experimental Botany*, 45 (3): 239 – 262.
- Meyer, S., Genty, B. (1999) heterogeneous inhibition of photosynthesis over the leaf surface of *Rosa rubiginosa* L. During water stress and abscisic acid treatment: induction of a metabolic component by limitation of co2 diffusion. *Planta*, 210 (1): 126 – 131.
- Niyogi, K. K. (1999) Photoprotection revisited: genetic and molecular approaches. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50 (5): 333 – 359.

- Nunes, M. A., Bierhuizen, J. F., Ploeman, C. (1969) Studies on productivity of coffee. III. Differences in photosynthesis between four varieties of coffee. *Acta Botanica Neerlandica*, Amsterdam, 18 (1): 420 – 424.
- Nunes, M.A. (1988) Environmental effects of stomatal and mesophyll regulation of photosynthesis in coffee leaves. *Photosynthetica*, 22 (4): 547 – 553.
- Oliveira, J. G., Alves, P. L. C. A., Magalhães, A. C. (2002b) The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings. The protective action of chloroplastid pigments. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14 (2): 95 – 104.
- Oliveira, S. H. F., Santos, J. M. F., Guzzo, S. D. (2002a) Effect of rain on tenacity and efficiency of fungicides associated with vegetable oil in the control of rust coffee disease. *Fitopatologia Brasileira*, 27 (6): 581 – 585.
- Oren, R., Sperry, J.S., Katul, G.G., Pataki, D.E., Ewers, B.E., Phillips, N., Schafer, K.V.R. (1999) Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment*, 22 (12): 1515 – 1526.
- Ort, D. (2001). When there is too much light. *Plant Physiology*, 125 (1): 29 – 32.
- Partelli, F. L., Vieira, H. D., Rodrigues, A. P. D., Pais, I., Campostrini, E., Maria Chaves, M. M. C. C., José Cochicho Ramalho, J. C. (2010a) Cold induced changes on sugar contents and respiratory enzyme activities in coffee Genotypes. *Ciência Rural*, 40 (4): 781 – 786.
- Pearce, R.B., Carlson, G.E., Barnes, D.K., Hart, R.H., Hanson, C.H. (1969). Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfa. *Crop Science* 9 (4): 423–426.
- Perl-Treves R, Perl A (2002) Oxidative stress: An introduction. *In*: Inzé, D., Van Montagu, M. (eds). *Oxidative Stress in Plants*. London: Taylor & Francis, p.1-32.
- Pinheiro, P. F., Costa, A. V., Queiroz, V. T. Q. Alvarenga, L. M. Partelli, F. L. (2012) Qualidade do café ‘conilon’ sob diferentes formas de secagem. *Enciclopédia Biosfera*, 8 (15): 1481 – 1489.
- Ramalho, J. C., Quartim, V. L., Leitão, E., Campos, P. S., Carelli, M. L. C., Fahl, J. I., Nunes, M. A. (2003) Cold acclimation ability and photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. *Plant Biology*, 5 (11): 631 – 641.



- Rena, A. B., Barros, R. S., Maestri, M., Söndahl, M. R. Coffee. (1994) *In*: Schaffer, B., Andersen, P.C. (eds.). *Handbook of environmental physiology of tropical fruit crops: sub-tropical and tropical crops*. 1. Ed. Boca Raton: CRC Press, p. 101-122.
- Ribeiro, R.V., Machado, E.C., Oliveira, R.F. (2003). Early Photosynthetic Responses Of Sweet Orange Plants Infected With *Xylella Fastidiosa*. *Physiological And Molecular Plant Pathology*, 62 (3):167 – 173.
- Rodrigues, O. (1988) *Efeito da deficiência hídrica na fotossíntese, na resistência estomática, na atividade de redutase do nitrato e no acúmulo de prolina livre em Coffea arabica L.* Dissertação (Mestrado Fisiologia Vegetal) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 35p.
- Rodrigues, W. P., Vieira, H. D., Barbosa, D. H. S. G., Vittorazzi, C. (2012) Growth and yield of *Coffea arabica* L. in Northwest Fluminense. 2nd Harvest. *Revista Ceres*, 59 (6): 809 – 815.
- Santos, P., Machado, E., Gouveia, M., Fernandez, D., Chen, Z., Rodrigues Júnior, C.J., Lidon, F. C., Ramalho, J. C., Ribeiro, A. (2004) Gene expression analysis of *Coffea* spp. exposed to biotic and abiotic stress. *Book of Abstracts of the Congresso Nacional de Bioquímica*, 14, Vilamoura: Universidade do Algarve, p. 46.
- Seixas, G.B. (2009) *Determinação da transpiração em plantas de Nim Indianos (Azadirachta indica A. Juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva.* Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Mato Grosso – MT, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 88p.
- Severino, L.S., Sakiyama, N.S., Pereira, A.A., Miranda, G.V., Zambolim, L., Barros, U.V. (2002) Associações da produtividade com outras características agrônômicas de café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). *Acta Scientiarum Agronomy*, 24 (5): 1467 – 1471.
- Silva, A. M., Lima, E. P., Coelho, M. R., Coelho, G. S. (2003) Produtividade, rendimento de grãos e comportamento hídrico foliar em função da época de irrigação do parcelamento e do método de adubação do cafeeiro Catuaí. *Engenharia Agrícola*, 23 (3): 434 – 440.
- Silva, E. A. (2000) Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.: relações com a fotossíntese em condições de campo. Dissertação (Mestrado

- Fisiologia Vegetal) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 42p.
- Silva, E. A., DaMatta, F. M., Ducatti, C., Regazzi, A. J., Barros, R. S. (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, 89 (2): 349 – 357.
- Silva, M. A., Jifon, J. L., Silva, J. A. G., Sharma, V. (2007) Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19 (3): 193 – 201.
- Srinivasan, C. S. (1982) Pre-selection for yield in coffee. *Indian Journal of Genetics*, 42 (1): 15 – 19.
- Strasser, A., Tsimilli-Michael, M., Srivastava, A. (2004) Analysis of the fluorescence transient, in: Papageorgiou, G. C.; Govindjee (eds.). Chlorophyll fluorescence: A signature of photosynthesis. *Advances in Photosynthesis and Respiration*. Springer: Dordrecht, p. 32 – 362.
- Suzuki, K., Nagasuga, K., Okada, M. (2008) The chilling injury induced by high root temperature in the leaves of rice seedlings. *Plant Cell Physiology*, 49 (3): 433 – 442.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.
- Tenhunen, J. D., Percy, R. W., Larche, O. L. (1987) Diurnal variation in leaf conductance and gas exchange in natural environments. In: Zeiger, E., Farquhar, G.; Cowan, I. (eds.). *Stomatal function*. Stanford: Stanford University Press, p. 323-351.
- Torres Neto, A. (2005) *Atributos fisiológicos e relações hídricas em genótipos de mamoeiro (Carica papaya L.) na fase juvenil*. Tese (Doutorado Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 140 p.
- Torres Netto, A., Campostrini, E., Oliveira, J. G., Bressan-Smith, R. E. (2005) Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104 (1): 199 – 209.
- Yin, X., Kropff, M.J., Stam, P. (1999). The role of ecophysiological models in QTL analysis: the example of specific leaf area in barley. *Hereditas* 82 (4): 415 – 421.

## **APÉNDICE**

Tabela 1A – Resumo da análise de variância do potencial hídrico foliar (PHF), intensidade do verde (SPAD), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), Déficit de pressão de Vapor (DPV), rendimento quântico do PSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>), massa foliar específica (MFE) e da taxa de assimilação específica de CO<sub>2</sub> (A/MFE) no mês de março em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

FV	GL	QM					
		PHF (05:00)	PHF (12:00)	SPAD	A (08:00)	gs (08:00)	Ci (08:00)
Genótipo	1	0,1247*	0,0020 <sup>NS</sup>	1,1704 <sup>NS</sup>	0,4374 <sup>NS</sup>	0,0368 <sup>NS</sup>	720,5104 <sup>NS</sup>
Resíduo	22	0,0194	0,0892	47,8061	2,1781	0,0104	555,4657
Média		0,40	1,28	68,89	9,17	0,30	290,36
CV%		34,69	23,33	10,04	16,08	33,47	8,12

Continua

Tabela 1A - Continuação

FV	GL	QM					
		E (08:00)	DPV (08:00)	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> (08:00)	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> (12:00)	MFE	A/MFE
Genótipo	1	2,4067 <sup>NS</sup>	4,4807*	0,0017 <sup>NS</sup>	0,0054 <sup>NS</sup>	1130,3910*	0,0006 <sup>NS</sup>
Resíduo	22	1,1930	0,3852	,0008	0,0077	109,1298	0,0003
Média		6,48	2,74	0,79	0,75	94,02	9,92
CV%		16,85	22,64	3,58	11,73	11,11	16,37

\*Significativo a 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup> Não significativo.

Tabela 1B – Resumo da análise de variância do potencial hídrico foliar (PHF), intensidade do verde (SPAD), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), Déficit de pressão de Vapor (DPV), rendimento quântico do PSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>), massa foliar específica (MFE) e da taxa de assimilação específica de CO<sub>2</sub> (A/MFE) no mês de julho em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

FV	GL	QM								
		PHF (05:00)	PHF (12:00)	SPAD	A (08:00)	gs (08:00)	Ci (08:00)	E (08:00)	DPV (08:00)	A (12:00)
Genótipo	1	0,5192**	0,6080 <sup>NS</sup>	469,9350**	0,8836 <sup>NS</sup>	0,0035 <sup>NS</sup>	53,4017 <sup>NS</sup>	6,8267*	0,0551 <sup>NS</sup>	1,3872*
Resíduo	22	0,0308	0,1619	28,9490	0,3005	0,0022	257,9090	1,3185	0,2467	0,3546
Média		0,84	1,64	74,47	2,97	0,1387	299,30	4,42	3,56	1,74
CV%		20,89	24,49	7,22	18,43	34,15	5,36	26,00	13,93	34,21

Continua

Tabela 1B - Continuação.

FV	GL	QM							
		gs (12:00)	Ci (12:00)	E (12:00)	DPV (12:00)	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> (08:00)	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> (12:00)	MFE	A/MFE
Genótipo	1	0,0037 <sup>NS</sup>	318,3545 <sup>NS</sup>	6,4688 <sup>NS</sup>	1,6643 <sup>NS</sup>	0,0057*	0,0011 <sup>NS</sup>	169,3359 <sup>NS</sup>	0,0002*
Resíduo	22	0,0011	520,1941	4,9985	0,5656	0,0007	0,0210	191,1325	0,0003
Média		9,67	286,63	5,34	5,45	0,77	0,69	112,41	0,039
CV%		34,80	7,96	41,83	13,79	3,59	20,93	12,30	41,78

\*\* e \*Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente.

<sup>NS</sup> Não significativo.

Tabela 1C – Resumo da análise de variância do potencial hídrico foliar (PHF), intensidade do verde (SPAD), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), Déficit de pressão de Vapor (DPV), rendimento quântico do PSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>), massa foliar específica (MFE) e da taxa de assimilação específica de CO<sub>2</sub> (A/MFE) no mês de outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

FV	GL	QM								
		PHF (05:00)	PHF (12:00)	SPAD	A (08:00)	Gs (08:00)	Ci (08:00)	E (08:00)	DPV (08:00)	A (12:00)
Genótipo	1	0.8816*	1.3537*	535.815*	28.1017**	0,0171*	34,8968 <sup>NS</sup>	0,0133 <sup>NS</sup>	0,0889 <sup>NS</sup>	1.9953 <sup>NS</sup>
Resíduo	22	0.1249	0.1286	63.9011	0,6589	0,0027	73,5740	1,4677	0,3971	0.2472
Média		1.19	1.40	69.2	4.70	0,24	293,80	6,16	3,62	1.59
CV%		29.74	25.62	11.551	17.27	21,94	2,86	19,68	17,42	31.33

Continua

Tabela 1C – Continuação

FV	GL	QM							
		Gs (12:00)	Ci (12:00)	E (12:00)	DPV (12:00)	Fv/Fm (08:00)	Fv/Fm (12:00)	MFE	A/MFE
Genótipo	1	0,0006 <sup>NS</sup>	207,4464 <sup>NS</sup>	3,7367 <sup>NS</sup>	0,5192 <sup>NS</sup>	0,000304 <sup>NS</sup>	0,0065 <sup>NS</sup>	1313,8015*	0,002204*
Resíduo	22	0,0001	145,2883	0,9994	0,8354	.000755	0,0025	226,8669	0,00022
Média		0,09	284,22	4,92	5,33	0.77808	0,72	104,27	0,06
CV%		13,04	4,24	20,31	17,14	3.5303	6,89	14,44	24,36

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente.

<sup>NS</sup> Não significativo

Tabela 1D – Resumo da análise de variância do crescimento em altura do ramo ortotrópico (ALT), comprimento do ramo plagiotrópico (CPR) e número de nós por ramo plagiotrópico (NNR) de Dezembro a Novembro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

FV	GL	QM		
		ALT (cm)	CPR (cm)	NNR
Genótipo	1	506,4153**	120,5128**	14,7153*
Tempo	11	102,7136 **	52,8382**	8,8580*
Genótipo x Tempo	11	6,4811**	9,8995**	2,20062**
Resíduo	264	0,9671	0,8660	0,39642
Média		4,03	2,71	1,54
CV%		24,38	34,30	40,87

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente.

Tabela 1E – Resumo da análise de variância da produtividade (Litros planta<sup>-1</sup>) em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

FV	GL	QM
		Produtividade
Genótipo	1	44,4176**
Resíduo	22	0,2740
Média		4,81
CV%		10,88

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.