

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Crescimento e maturação do fruto de café (*Coffea arabica* L.) em  
sistema arborizado e em monocultivo**

**Fabiana Taveira de Camargo**

**Dissertação apresentada para a obtenção do título  
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba**

**2007**

**Fabiana Taveira de Camargo**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Crescimento e maturação do fruto de café (*Coffea arabica* L.) em sistema arborizado e em monocultivo**

**Orientador:**

**Prof. Dr. JOSÉ LAÉRCIO FAVARIN**

**Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba**

**2007**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Camargo, Fabiana Taveira de

Crescimento e maturação do fruto de café (*Coffea arabica* L.) em sistema arborizado e em monocultivo / Fabiana Taveira de Camargo. -- Piracicaba, 2007.

42 p. : il.

Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.  
Bibliografia.

1. Arborização 2. Bebida - Qualidade 3. Café 4. Frutificação 5. Maturação vegetal  
6. Radiação (Energia radiante) I. Título

CDD 633.73

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -- O autor"

Aos meus adoráveis avós Benedito e Ivone,  
pelo amor incondicional e exemplo de conduta  
que sempre foram o porto seguro de minha família  
Ao meu avô, obrigada pela ajuda na secagem do café,  
Nela ficou registrado o trabalho de seu coração

Aos meus tios Helder e Rosângela  
pelo companheirismo e apoio constantes

Às minhas tias Ana Maria e Sônia Helena que  
ajudaram-me na conquista de minha profissão

À Leticia, "*in memorian*", pela amizade eterna de irmã  
que me impulsionou à luta para essa jornada;

## OFEREÇO

Ao meu pai Sebastião, "*in memorian*", engº agrônomo pela  
ESALQ que com seu exemplo na vida e na fazenda  
despertou-me para a agricultura

À minha mãe Rosalina, tão amada,  
pelos ensinamentos e companheirismo constantes  
que nortearam meu caminho

Ao meu adorado irmão, também engº agrônomo  
que não imagina o TUDO que consegue ser  
na minha vida pessoal e profissional

## DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Pai Jesus, o Puro Amor, sem o qual nada somos.

A Thalísia Reis que me ensinou a trilhar o caminho da Verdade Absoluta para descobrir o sentido espiritual da existência humana na busca incessante do conhecimento do Pai e de nós mesmos.

A Luiz Vicente de Souza Queiroz, "*in memoriam*", nobre homem que à frente de seu tempo idealizou e doou seu bem maior, hoje ESALQ, em prol do desenvolvimento e progresso da agricultura e da ciência.

A todos do Dept<sup>o</sup> de Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso de mestrado em agronomia.

Ao orientador Prof. Dr. José Laércio Favarin que humildemente é grandioso em seu profissionalismo e assume o papel de um pai que espera o sucesso de seu pupilo. Muito obrigada pela confiança e ensinamentos transmitidos com dedicação.

Ao Prof. Dr. Marcos Silveira Bernardes por confiar-me os equipamentos e o uso de seu laboratório para que a pesquisa pudesse concretizar-se, sempre presente e conselheiro nos horários silenciosos da ESALQ.

Ao amigo Ciro Abbud Righi, pelos momentos preciosos, de conselhos, sugestões e apoio, proporcionando-me a continuidade da pesquisa em que foi pioneiro na ESALQ.

À amiga Aurenny Maria Lunz, pelas longas conversas e seu espírito de solidariedade que, por muitas vezes, tornou-se luz no meu trabalho.

Ao Professor Dr. José Dias Costa, pela presteza e ensinamentos que muito nortearam minhas decisões.

Ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova, admirável pela dedicação, amor ao próximo e à ciência, pronto a transmitir seus valiosos conhecimentos.

Ao meu amável padrinho Dr. Humberto de Campos, indescritível agradecimento pelas sugestões iniciais e finais quanto aos procedimentos estatísticos.

À Dr<sup>a</sup> Helena, responsável pelo Laboratório de Sementes do Dept<sup>o</sup> de Produção Vegetal, pelo exemplo no comprometimento com seu trabalho e auxílio incansável. Ainda, a todos os funcionários e colegas do laboratório, muito prestativos.

Ao Dr. José Guilherme Cortez que, atenciosamente, viabilizou a análise da qualidade da bebida do café e encaminhou-me nos conhecimentos dessa natureza.

Ao Professor Dr. Sérgio Moraes que soube despertar, como poucos, meu contínuo interesse pelo saber e pelo mundo científico.

A Prof. Dr<sup>a</sup>. Sônia Piedade, pela orientação estatística.

Aos fiéis companheiros de trabalho, acadêmicos Samuel Neves (Krdaço), André.Froes. (Di-pé), doutorando Jovan de Jesus, sem os quais não conseguiria conduzir a pesquisa.

Ao amigo Wesley Santin pela amizade, companheirismo e amparo nos momentos mais difíceis.

Às amigas Liana, Célia e Gisley, companheiras que, no apagar das luzes conseguiram ser um porto firme quando o cansaço era maior.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, pelo apoio na condução e resultados do experimento, principalmente ao Adilson pela disposição em ajudar sempre que possível.

Ao GEA, pelo auxílio em todos os momentos necessários.

À Luciane, secretária do curso de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, pela atenção e carinho no que faz.

Ao João Palomares da MS Tecnopon, prestativo na manutenção de equipamentos no campo.

Às bibliotecárias da ESALQ, Eliana e Sílvia, pela delicadeza, compreensão e auxílio na finalização do trabalho.

À Ivete, secretária da Pós-graduação da ESALQ que com sensibilidade colaborou para a coroação de 30 meses de trabalho.

Ao CNPq, pela bolsa concedida sem a qual seria difícil desenvolver a pesquisa

À FAPESP, pelo reparo de equipamentos que possibilitaram à condução do experimento.

A Fertilizantes Heringer S/A pela doação de insumos para a manutenção da área experimental

A todos que contribuíram para a realização dessa esquisa.

“Na sobrevivência do mais apto,  
o mais apto é aquele que na espécie humana  
inventa o altruísmo,  
Ao contrário do que se pensa,  
o mais forte, o que ganha, o vencedor,  
talvez seja aquele que nos leva à regressão.

Curiosamente, a força bruta e física  
não é o que mais vale em nossa sociedade.  
Curiosamente, os velhos podem ter idéias geniais!  
Curiosamente, Homero era cego, Beethoven surdo e Toulouse Lautrec, paralítico.

O que teríamos feito se, o Darwinismo social somado ao Eugenismo, tivesse  
eliminado Toulouse Lautrec quando criança, ou Homero porque era cego.  
Conseqüentemente, o progresso de nossas culturas e das civilizações  
parece ligado à proteção dos fracos, à veneração dos pobres e às vezes,  
avança a partir dos mais miseráveis

O Darwinismo social, da forma como é interpretado,  
na luta do mais forte e na sobrevivência do mais poderoso,  
é uma doutrina mais do que falsa, é criminosa.

A verdadeira doutrina é a da fraqueza.  
O progresso humano passa pela proteção dos fracos,  
O progresso da humanidade passa pela miséria e não pela riqueza,  
pela fraqueza e não pela força,  
pela fragilidade e não, pelo poder!”

Charles Darwin

“O escravo tem um senhor,  
a Natureza tem um Deus,  
Meus filhos têm um Pai!”

Jesus Jeovah Zebaoth

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	12
2 DESENVOLVIMENTO .....	14
2.1 Revisão Bibliográfica .....	14
2.1.1 Frutificação do cafeeiro .....	14
2.1.2 Aspectos do cafeeiro .....	15
2.1.3 Café arborizado .....	16
2.2 Material e Métodos .....	19
2.2.1 Área experimental .....	19
2.2.2 Material genético .....	19
2.2.3 Dados climatológicos.....	21
2.2.4 Delineamento experimental.....	21
2.2.5 Parâmetros avaliados.....	22
2.2.5.1 Crescimento e maturação dos frutos.....	22
2.2.5.2 Produtividade do cafeeiro.....	24
2.2.5.3 Qualidade do café .....	25
2.2.6 Análise estatística .....	25
2.3 Resultados e Discussões .....	25
2.3.1 Crescimento dos frutos.....	25
2.3.2 Maturação dos frutos.....	28
2.3.3 Produtividade do cafeeiro.....	32
2.3.4 Qualidade da bebida .....	34
2.3.4.1 Análise Física .....	34
2.3.4.1.1 Aspecto dos grãos.....	34
2.3.4.1.2 Secagem dos grãos.....	34
2.3.4.1.3 Cor dos grãos.....	34



2.3.4.1.4 Umidade dos grãos .....	34
2.3.4.1.5 Tipo dos grãos.....	34
2.3.4.1.6 Classificação por peneiras .....	35
2.3.4.2 Análise Sensorial.....	35
2.3.4.2.1 Torração dos grãos .....	35
2.3.4.2.2.Aroma dos grãos .....	35
2.3.4.2.3 Corpo da bebida.....	36
2.3.4.2.4 Acidez e amargor da bebida.....	36
2.3.4.2.5 Classificação da bebida.....	36
2.3.4.2.6 Observações .....	36
2.3.4.2.7 Qualidade global .....	37
3 CONCLUSÕES .....	38
REFERÊNCIAS.....	39

## RESUMO

### **Crescimento e maturação do fruto de café em sistema arborizado e em monocultivo**

A busca por condições climáticas que minimizem efeitos negativos de extremos de temperatura e irradiância, a arborização pode viabilizar a cafeicultura brasileira, em particular, com o advento das mudanças climáticas. A pesquisa avaliou a dinâmica do crescimento e da maturação do fruto e a produtividade do café sob diferentes níveis de luminosidade. O experimento foi composto por seringueiras e cafeeiros, plantados dentro e na interface do seringal, e em monocultivo. O gradiente de radiação disponível aos cafeeiros nas diferentes distâncias das seringueiras foi de 40, 45, 80 e 100 % e caracterizou os tratamentos. Avaliou-se o acúmulo de matéria seca de frutos nas fases da frutificação e a produtividade. Nas fases chumbinho, expansão e granação, o incremento varia com a quantidade de frutos na planta. A expansão depende da irradiância e a granação, do tempo de deposição de reservas. A matéria seca de frutos verde, verde-cana e cereja é superior nas plantas protegidas da face soalheira, favorecida pela exposição até 80 % de luminosidade. A produtividade aumenta, proporcionalmente, com a disponibilidade de luz, enquanto a expansão, o processo e a uniformidade da maturação são, também, beneficiados à exposição até 80 % da radiação solar.

Palavras-chave: Café; Irradiância; Arborização; Frutificação; Maturação;  
Bebida

## ABSTRACT

### **Growth and Maturation of coffee fruit (*Coffea arabica* L.) in a shading system and in monocrop**

In the searching for climatic conditions to minimize negative effects of high temperature and radiation excess, the shading system can make possible the Brazilian coffee crop. This research aimed to evaluate the growth and maturation of coffee fruits and its productivity under different levels of natural irradiance. Coffee plants were planted inside and aside of a rubber trees plantation and in monocrop. The irradiance gradient level available to coffee plants at different distances from rubber trees were of 40, 45, 80 and 100% and characterized the treatments. The accumulation of the fruits dry matter was evaluated in the phases of the fruiting / fructification and the productivity. In the fruit set (pellet-like berries), expansion and seed-filling stage phases, that increment varies according to the fruits amount in the plant. The expansion depends on the radiation and the seed-filling stage depends on the reserve deposition time. The dry matter increment of "green fruits", "green-cane" and "cherry" coffee fruits is superior in the shaded plants up to 80% of brightness with shade at afternoon. The productivity (grains.planta<sup>-1</sup>) increases proportionally to the available irradiância, while the expansion, the maturation and its uniformity are also benefited up to 80% available irradiance.

Keywords: *Coffee*; Irradiation; Rubber tree; Frutification; Maturation; Quality

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Vista parcial da área experimental com cafeeiros instalados no interior do seringal (a). Vista parcial da linha de seringueiras (distância zero), com TSB à esquerda e TI1 à direita (primeira linha da interface seringueira-cafeeiro (b)).....20
- Figura 2 - Esquema dos tratamentos instalados no campo.....22
- Figura 3 - Plantas dos tratamentos TSB e TI1 com menor carga de frutos com menor carga de frutos pendentes.....26
- Figura 4 - Massa de matéria seca (g) de dez frutos em cada fase da frutificação e maturação dos cafeeiros em relação aos níveis de irradiância.....27
- Figura 5 - Maturação desuniforme de frutos do tratamento a pleno sol (TPS).....28
- Figura 6 - Maturação uniforme de frutos dos tratamentos nas interfaces TI1 e TI2, sob arborização parcial.....28
- Figura 7 - Vista do sistema arborizado após o ciclone ocorrido em março de 2006 que derrubou árvores do seringal que sombreava os tratamento TSB, TI1 e TI2.....29
- Figura 8 – Destruição de árvores do seringal após o ciclone de março de 2006 .....30
- Figura 9 - Comparação da maturação de frutos colhidos na mesma época em função da irradiância (%)......32
- Figura 10 – Produtividade em  $\text{kg.planta}^{-1}$  dos diferentes tratamentos (TSB, TI1, TI2 e TPS).....33

## 1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é originário dos vales das regiões montanhosas da Abissínia (Etiópia, África) em altitudes compreendidas entre 1000 m a 2500 m, latitudes de 6° a 9° N e longitudes de 34° a 40° W. A temperatura média nessas regiões é cerca de 20°C, com precipitação superior a 1600 mm anuais, e um período seco definido de 3 a 4 meses. Nessas condições, o cafeeiro cresce sob sombreamento das florestas dos altiplanos no sul da Etiópia (SYLVAIN, 1958; KUMAR, 1979). A espécie *Coffea arabica* é cultivada comercialmente nos trópicos, desde Cuba (22° N) até o Estado do Paraná (26° S), o que indica uma ampla capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas (MAESTRI; BARROS, 1977; EVANOFF, 1994).

No Brasil, a maioria das lavouras cafeeiras é cultivada a pleno sol na região tropical, caracterizada por um ciclo térmico anual bem definido. Na Colômbia, a cultura é encontrada com maior frequência em condições de sombreamento, assim como na maior parte das regiões produtoras, exceto no Quênia e no Brasil. O cultivo do cafeeiro a pleno sol pode contribuir para o rápido esgotamento das plantas durante os primeiros anos de produção, devido ao excesso de frutos na planta. Nessas condições, o cafeeiro alterna alta e baixa produtividade que pode ser atenuada pela arborização (VOLTAN; FAHL; CARELLI, 1992).

O ciclo fenológico do cafeeiro divide-se em três grandes períodos: o primeiro refere-se ao crescimento que vai da germinação à maturidade sexual, o segundo a produção, o último configura as decadências fisiológicas, culminando com a morte do arbusto. Cada fase é influenciada, em maior ou menor intensidade, por fatores ambientais como, temperatura, radiação, precipitação e atributos do solo (EVANOFF, 1994).

Embora o cafeeiro a pleno sol apresente um bom desempenho, isso não significa que os cultivos devam ser estabelecidos exclusivamente nesse sistema, pois muitas regiões não apresentam condições ambientais e edáficas para negligenciar o uso da sombra. Pelo contrário, o sombreamento adequado pode promover maior estabilidade da produção por planta, sem o risco de depauperamento do vegetal, além de reduzir a demanda hídrica e de nutrientes, uma vez que o cafeeiro é originalmente adaptado à

ambiente de sombra parcial (EVANOFF, 1994). Na atualidade, a arborização ganha maior destaque em razão das mudanças climáticas, como a elevação da temperatura média anual, fato que tem proporcionado, com frequência, danos fisiológicos como a escaldadura foliar.

A compreensão de como os sistemas arborizados captam os recursos biofísicos disponíveis é essencial para o estabelecimento de combinações de espécies, densidade de plantio, arranjo de plantas e desempenho das culturas em consórcio sob condições de clima e manejo variados (ONG; CORLETT; MARSHALL; BLACK, 1996).

O estudo da dinâmica do crescimento do fruto de café, em relação aos parâmetros biofísicos, é fundamental, visto que as condições microclimáticas alteram os fenômenos ecofisiológicos relativos à estabilidade, uniformidade, produtividade da cultura e a qualidade da bebida, bem como a possibilidade de implantação de lavouras em áreas marginais. Ressalta-se que pouco se sabe sobre os efeitos da arborização sobre os processos fisiológicos, tanto no crescimento vegetativo, quanto dos frutos (DaMATTA, 2004).

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de caracterizar a dinâmica do crescimento e a maturação do fruto de café, bem como a produtividade sob diferentes gradientes de irradiância em um sistema arborizado (consórcio) e em monocultivo (pleno sol).

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Revisão bibliográfica

#### 2.1.1 Frutificação do Cafeeiro

O cafeeiro é um arbusto perene de crescimento contínuo que se caracteriza pelo dimorfismo de ramos, em razão da presença de ramos ortotrópicos (caule) que cresce verticalmente e de ramos plagiotrópicos (produtivos), originado do eixo principal, com desenvolvimento lateral e inclinação variável entre os materiais genéticos.

A espécie *Coffea arabica* L. apresenta o ciclo fenológico composto por uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas, diferindo da maioria das plantas que emitem inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico (GOUVEIA, 1984). Para as condições tropicais do Brasil, Camargo e Camargo (2001) subdividiram a fenologia do cafeeiro em seis fases distintas: (i) vegetação e formação das gemas foliares; (ii) indução e formação das gemas florais; (iii) florada, chumbinho e expansão de frutos; (iv) granação de frutos; (v) maturação de frutos e (vi) repouso e senescência de ramos de ordem superior (terciários e quaternários).

O primeiro ano destina-se à formação dos ramos vegetativos, com gemas axilares nos nós durante os meses de dias longos. Quando a duração do dia diminui, intensifica a indução dessas gemas foliares, por fotoperiodismo, que se transformam em gemas florais (GOUVEIA, 1984). Depois, essas amadurecem e entram em dormência, tornando-se aptas para a antese que é induzida principalmente pela chuva ou irrigação (CAMARGO, 1985b). O segundo ano fenológico inicia-se com a florada, conseqüente formação dos frutos “chumbinhos”, expansão dos grãos e posteriores fases de granação e maturação dos frutos (CAMARGO e CAMARGO, 2001). De acordo com Pezzopane et al. (2003) a fase reprodutiva pode ser dividida em: gema dormente, gema intumescida, abotoado, florada, pós-florada, chumbinho, expansão dos frutos, frutos verde, verde-cana, cereja passa e fruto seco.

O desenvolvimento do fruto é identificado em cinco estádios ou fases: (i) chumbinho, sem crescimento visível; (ii) pergaminho, rápida expansão com endurecimento do endocarpo; (iii) endosperma leitoso, parte final da expansão que

define o tamanho do fruto; (iv) granação, endurecimento do endosperma e (v) maturação (cereja), com alteração na cor e aumento do pericarpo (LEON ; FOURNIER, 1962; WORMER, 1964; CANNELL, 1971a; OYABADE, 1976; ASTOLFI; PEDROSO; CARVALHO; SADER, 1981; RENA e MAESTRI, 2000).

O modelo de crescimento do fruto de café arábica é descrito como o de uma dupla sigmóide (LEON; FOURNIER, 1962; WORMER, 1964; RAMAIAH e VASUDEVA, 1969; CANNELL, 1971b). No período inicial, o crescimento é lento, seguido de outro com crescimento rápido até que o tamanho final do fruto verde seja atingido (50% do tamanho do fruto maduro). Nessa fase, o crescimento cessa por um período considerável até o início da maturação que é acompanhada por outra fase de crescimento rápido na qual o fruto chega ao seu tamanho final.

### **2.1.2 Aspectos do cafeeiro**

O cafeeiro apresenta uma flutuação sazonal no crescimento vegetativo e reprodutivo em diferentes regiões, relacionada com as condições climáticas. Várias causas têm sido atribuídas a essa periodicidade, incluindo-se temperatura, fotoperíodo, excesso de água, seca e crescimento reprodutivo (SYLVAIN, 1958).

Para Gouveia (1984), o cafeeiro arábica apresenta florescimentos sucessivos em função das condições climáticas. Segundo Camargo & Camargo (2001) a ocorrência de déficit hídrico na fase de repouso das gemas define bem a florada principal. Pezzopane et al. (2003) observou resultados análogos, associados à falta de água em experimentos realizados na região de Campinas e Mococa, São Paulo.

As fases de crescimento do fruto dependem do genótipo e do ambiente onde se desenvolve (SALAZAR-GUTIÉRREZ, 1994). A taxa de desenvolvimento de frutos de mesma idade pode ser diferente, devido à influência da temperatura do ar (CLOWES; WILSON, 1977), assim como da irradiância, enquanto o tempo de maturação varia com as condições climáticas (KUMAR, 1979) e o material genético (SONDAHL; SHARP, 1979).

A temperatura de uma planta depende da radiação, transpiração, convecção e condução térmica (GATES, 1965). Linacre (1964) observou uma tendência para a igualdade entre a temperatura do ar e das folhas ao redor de 33 °C para diferentes



culturas. Abaixo desse valor, as folhas apresentam-se mais aquecidas do que o ar, e acima são mais frias.

Na ausência de déficit hídrico e nutricional, o acúmulo de matéria seca depende, entre outros fatores, da temperatura média diária e da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). A PAR funciona como fonte de energia que é convertida em biomassa vegetal (HEEMST, 1986), enquanto a temperatura associa-se à eficiência dos processos metabólicos envolvidos nessa conversão, pois afeta a atividade enzimática, solubilidade de fluídos e a cinética dos processos bioquímicos (BONHOMME, 2000).

As árvores no consórcio com o cafeeiro promovem um sombreamento parcial, compete por água e nutrientes e reduz a velocidade do vento. Desse modo, as modificações no microclima induzem alterações nos processos fisiológicos e nas características da cultura protegida (LEAL, 1986).

### **2.1.3 Café arborizado**

Emprega-se o termo arborização para indicar um sombreamento esparso, de até 50% de cobertura do terreno (BEER; MUSCHLER; KASS; SOMARRIBA, 1998; DaMATTA; RENA, 2002). A arborização fundamenta-se na hipótese de que um sombreamento moderado, além de minimizar os impactos de ventos e extremos térmicos pode contribuir para regularizar a produção do cafeeiro, reduzir o ciclo bienal e diminuir a demanda por nutrientes. Assim, reduz o risco de esgotamento das plantas originárias de ambientes umbrófilos e diminui o uso de insumos (CARAMORI; KATHOUNIAM; MORAIS; LEAL; ANDROCIOLI FILHO, 2004).

Devido à natureza heterogênea das culturas que ocupam o mesmo espaço, ocorrem alterações de efeitos múltiplos com interações complexas que causam modificações microclimáticas. A presença de árvores em um sistema de produção pode alterar o balanço de energia disponível, o uso da água e o comportamento de ventos, os quais interferem na produtividade e no ciclo das plantas (MONTEITH; ONG; CORLETT, 1991; BRENNER, 1996).

Segundo Sá (1994), a interação entre as plantas existentes nos consórcios e a atmosfera pode, de forma geral, ser avaliada em termos micrometeorológicos pelos seguintes elementos: (i) interceptação da radiação pela folhagem, aspecto dominante

na produção de biomassa; (ii) interceptação da chuva pelas folhas, interferindo na oferta de água ao solo; (iii) déficit de pressão de vapor d'água que está diretamente relacionado à transpiração e (iv) temperatura, com ação sobre a taxa de desenvolvimento, pois interfere na velocidade das reações bioquímicas.

Os fisiologistas e ecologistas argumentam que o entendimento dos processos e mecanismos envolvidos na captura dos recursos, bem como seu uso e interações com o ambiente são importantes para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis (WILLEY; REDDY, 1981; ONG; CORLETT; MARSHALL; BLACK, 1996).

A introdução do componente arbóreo no cultivo de cafezais implica em modificações sensíveis nas condições microclimáticas, uma vez que o balanço de energia é alterado pela interceptação da irradiância que incide no dossel das árvores. A copa vegetal exerce uma cobertura parcial ou total dos cafeeiros, minimizando a radiação incidente durante o dia, além de evitar as perdas de calor noturnas e o resfriamento do ambiente (CARAMORI; KATHOUNIAM; MORAIS; LEAL; ANDROCIOLI FILHO, 2004).

Ao longo do tempo, as espécies vegetais adaptaram-se à radiação, ajustando sua fisiologia para operar de acordo com as demandas decorrentes do potencial energético. Contudo, ao disseminar as espécies, as mesmas readaptam-se à ambientes nos quais nem sempre obtém sucesso ao longo de sua evolução. Sob condições de plena irradiância, a planta é estimulada à máxima produção, fato que poderia comprometer sua sobrevivência, devido ao depauperamento se não existir condições biofísicas e nutricionais suficientes para atender à demanda dos frutos (CARAMORI; KATHOUNIAM; MORAIS; LEAL; ANDROCIOLI FILHO, 2004).

A radiação líquida disponível entre as copas do cafeeiro e a copa das árvores sombreadoras é a energia utilizada nos processos de evaporação, transpiração, aquecimento do ar e do solo, fotossíntese e síntese bioquímica. Parte dessa energia líquida é utilizada na evapotranspiração como calor latente e no aquecimento do solo e do ar como calor sensível. Portanto, quanto maior a exposição (pleno sol) sob baixa umidade atmosférica, mais intensa será a perda radiativa (CARAMORI; LEAL; MORAIS, 1999).

De acordo com Sá (1994), a arborização proporciona melhor eficiência no uso da água, com disponibilidade sazonal em regiões semi-áridas e nos trópicos áridos. A maioria dos sistemas de culturas anuais utiliza 30 % a 35 % da água da chuva, pois muito se perde por evaporação, escoamento superficial ou umidade residual no final da colheita. A arborização oferece complementaridade espacial e temporal no uso da água, contribuindo para seu aproveitamento, quando comparado com as culturas em monocultivo (ONG; CORLETT; MARSHALL; BLACK, 1996).

Em seringais adultos, Goldthorpe (1996) verificou que o acúmulo de biomassa deste sistema é equivalente aos sistemas naturais de florestas tropicais úmidas, sendo também, aproximadamente, igual ao nível de dióxido de carbono, oxigênio e água reciclados.

## 2.2 Material e Métodos

### 2.2.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo. A escolha desse campo deveu-se à existência de plantio consorciado de cafeeiro com seringueiras na seqüência de plantas a pleno sol.

A área experimental localiza-se a 22°42'30" de latitude Sul, 47°38'00" de longitude Oeste e altitude de 580 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa, mesotérmico, com inverno seco. A precipitação média anual é de 1278 mm, distribuídos em torno de 1000 mm entre os meses de outubro a março e 278 mm entre abril e setembro. A temperatura média anual é de 21,4° C, com médias mensais de 17,1° C no inverno e de 24,8° C no verão.

O relevo local é plano a levemente ondulado, com declividade entre 0 a 1,5 %, cujo solo é classificado como Nitossolo Vermelho, Eutroférico, latossólico, A moderado e textura argilosa.

### 2.2.2 Material genético

O sistema foi composto por seringal (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) clone PB 235, plantado em dezembro de 1991, no espaçamento de 8,0 m x 2,5 m e pela cultura do café (*Coffea arabica* L.) cv. Obatã IAC 1669-20, plantada no início de janeiro de 2002, no espaçamento de 3,4 m x 0,9 m. Instalou-se parte da lavoura de café a pleno sol, não havendo separação entre o cultivo solteiro e o consorciado (Figura 1).

As seringueiras constituíram os elementos arbóreos responsáveis pelo sombreamento e os cafeeiros encontravam-se no sub-bosque do seringal, na interface das árvores e em monocultivo (pleno sol), portanto, sob diferentes gradientes de luminosidade. O espaçamento do cafezal foi o mesmo, tanto no sistema arborizado, quanto no monocultivo, com a cultura conduzida com irrigação por gotejamento.



Figura 1 – Vista parcial da área experimental com cafeeiros instalados no interior do seringal (a). Vista parcial da linha de seringueiras (distância zero), com TSB à esquerda e T11 à direita (primeira linha da interface seringueira-cafeeiro (b))

### 2.2.3 Dados climatológicos

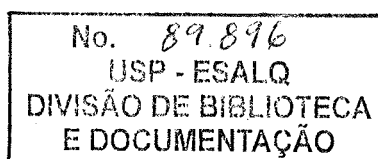
Para avaliar a influência de parâmetros meteorológicos na fisiologia das plantas, mediu-se a radiação solar disponível aos cafeeiros com tubos solarímetros (TS-UM-3, Eijkelkamp) instalados acima de suas copas. A disposição desses equipamentos na área localizou-se nas linhas correspondentes aos tratamentos influenciados pela arborização. Os tubos foram conectados a uma estação micro-meteorológica automática ( $\Delta T$  Device Inc.), utilizada para armazenar as leituras de radiação em datalogger. Nas avaliações, considerou-se a porcentagem de irradiância em relação a radiação incidente na condição de monocultivo (pleno sol, 100 %)

Os dados utilizados como referência para o monocultivo (pleno sol) foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, em Piracicaba, São Paulo, armazenados pela estação agrometeorológica situada ao lado do experimento, à latitude de 22°42'30" S e 47°38'00" W (VILLA NOVA, 2003). Nas avaliações foram consideradas as porcentagens de irradiância em relação à radiação incidente na condição de monocultivo (pleno sol, 100%).

Conduziram-se as plantas da área experimental com irrigação por gotejamento, para que a água não constituísse em fator limitante do crescimento de frutos, da produtividade e da qualidade da bebida.

### 2.2.4 Delineamento experimental

Para a avaliação do experimento adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se por diferentes níveis de radiação solar disponível aos cafeeiros, formados por diferentes distâncias das seringueiras, enquanto as repetições corresponderam a plantas individuais. As distâncias foram medidas a partir da primeira linha de seringueiras (distância zero), designando-se negativas às linhas de cafeeiro no interior do seringal e positivas àquelas na sua interface, estendendo-se até o monocultivo (pleno sol, fora da interferência do seringal).



Os cafeeiros avaliados encontravam-se nas seguintes distâncias (em metros) das árvores sombreadoras, correspondente aos tratamentos: -2,3 (TSB: cafeeiro sombreado dentro do seringal); +1,5 e +4,9 (TI1: cafeeiro na 1ª linha na interface fora do seringal e TI2: cafeeiro na 2ª linha na interface fora do seringal, respectivamente) e monocultivo (TPS: cafeeiro a pleno sol) (Figura 2).

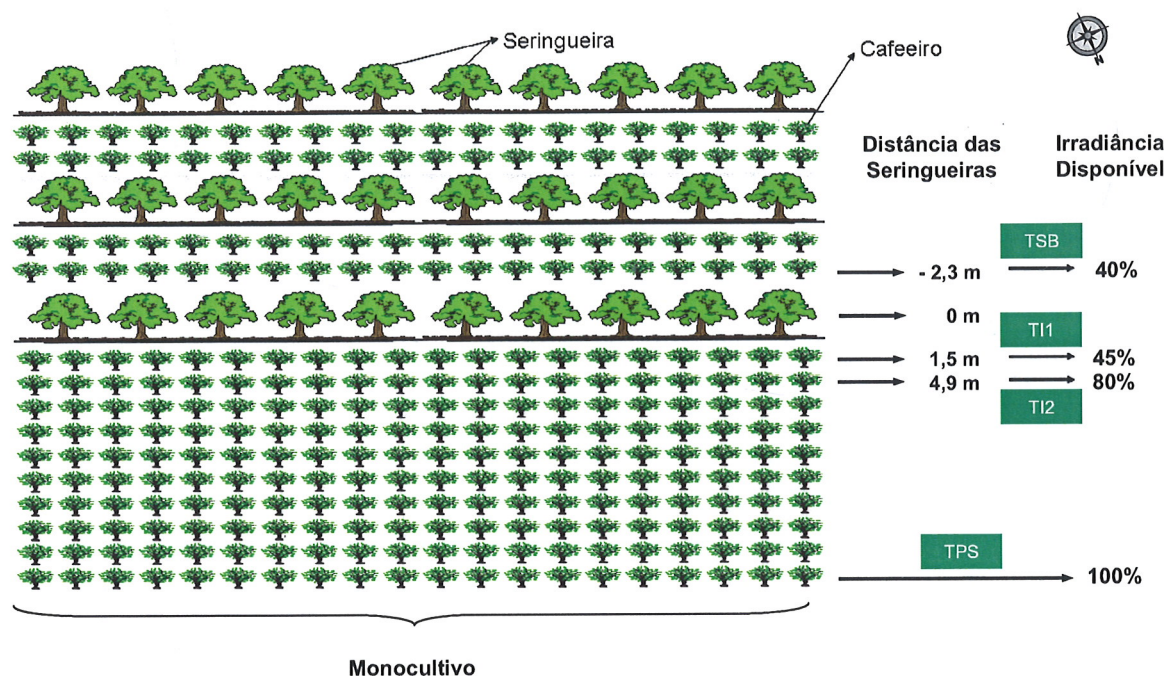


Figura 2 – Esquema dos tratamentos instalados no campo

## 2.2.5 Parâmetros avaliados

### 2.2.5.1 Crescimento e maturação dos frutos

#### Amostragem de frutos

Para avaliar a dinâmica do crescimento dos frutos coletaram-se amostras nas épocas que caracterizavam os estádios da frutificação, como chumbinho, expansão, granação e de maturação: verde, verde cana e cereja em frutos originários da florada principal.

Para tanto, realizou-se previamente a seleção de plantas destinadas à coleta dos frutos. Em cada arbusto selecionado, marcaram-se quatro ramos no terço superior, dois

voltados para a face leste e dois para a face oeste. As culturas estavam dispostas no sentido norte/sul em que as plantas da face leste dos tratamentos no sistema arborizado encontravam-se voltadas para o nascente, com maior exposição à luz no período da manhã, enquanto a presença das seringueiras na face oeste dos cafeeiros sombreava-os durante à tarde (Figura 2).

As plantas selecionadas foram submetidas a duas coletas em épocas sucessivas, em que, dos quatro ramos marcados, somente dois tinham seus frutos extraídos, um em cada face de exposição, para que a amostragem fosse representativa em cada planta. Após duas coletas, um novo conjunto de plantas similares era amostrado. Adotou-se esse procedimento com o intuito de manter sempre as mesmas posições de amostragem nas plantas, uma vez que as amostras eram destrutivas. Essa foi à forma de evitar erros de avaliação, pois com a eliminação dos frutos, a relação fonte-dreno da planta altera e poderá afetar a translocação de fotoassimilados, assim como o desenvolvimento dos frutos.

Dessa forma, selecionaram-se frutos da florada principal e determinou-se o acúmulo de massa de matéria seca para cada estágio dos frutos. Submetiam-se as amostras à temperatura de 70 °C, por um período de 72 horas em estufa com circulação de ar forçado e, posteriormente, obtinha-se a massa em balança analítica de precisão. Essa operação repetiu-se em todas as fases da frutificação do café para o monitoramento do crescimento dos frutos. Avaliou-se o material colhido quanto à massa de matéria seca até o estágio no qual o tamanho do fruto já estava definido (verde).

### **Maturação dos frutos**

Na época de colheita de cada tratamento, estimou-se a maturação pela contagem dos frutos de amostras de 300 g, retiradas do café recém colhido e classificadas como:

verde - fruto com o epicarpo (casca) de coloração verde e esverdeada;

maduro - fruto com casca avermelhada, vermelho e vermelho escuro;

seco - fruto na fase posterior à maturidade fisiológica, com epicarpo marrom e aspecto desidratado.



Em 29 de junho de 2006 efetuou-se a colheita de duas plantas por tratamento, retirando-se uma amostra composta de 300 gramas de café recém-colhido para a avaliação da maturação dos frutos em razão da exposição à irradiância.

#### **2.2.5.2 Produtividade do cafeeiro**

Avaliou-se a safra de 2005/2006 a partir da colheita de duas plantas em cinco repetições nos quatro tratamentos.

Determinou-se a produtividade pela massa, em quilogramas, de café produzido por duas plantas de cada repetição dos tratamentos. Posteriormente, esses valores foram convertidos em quilogramas por planta ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) de café beneficiado a  $110 \text{ g kg}^{-1}$  de água.

#### **Produtividade de café coco**

Para a obtenção do café em coco, efetuou-se a colheita manual, por meio da derriça dos frutos no pano, seguida da determinação da massa fresca de frutos em balança digital. A secagem foi realizada no terreiro de café do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, pela exposição dos frutos ao sol.

#### **Produtividade de café beneficiado**

Para a retirada da polpa e do pergaminho, beneficiou-se o café em coco. Na seqüência, obteve-se a massa de grãos e o grau de umidade das amostras de grãos beneficiados, visando uniformizar a  $110 \text{ g kg}^{-1}$ , utilizando-se a expressão (1):

$$\text{MGB}_{11\%} = \text{MGB}_{\text{ua}} (100 - \text{UGA}) / (100 - 11) \quad (1)$$

em que,  $\text{MGB}_{11\%}$  corresponde a massa de grãos beneficiado ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ) a  $110 \text{ g kg}^{-1}$  (11 %),  $\text{MGB}_{\text{ua}}$  à massa de grãos de café beneficiado na umidade de cada amostra após a secagem; e UGA a umidade de cada amostra de café beneficiado.

### **2.2.5.3 Qualidade do café**

#### **Análise sensorial**

Avaliou-se a qualidade da bebida do café numa amostra composta de todas as repetições de cada tratamento por meio de análise sensorial (prova de xícara). Essa análise foi realizada por degustadores do Café Toledo Ltda., segundo Normas Oficiais para Classificação e Degustação de Café, descritas por Toledo e Barbosa (1998).

Para a determinação dessa variável, utilizaram-se apenas grãos de fruto cereja, que foram colhidos e submetidos à secagem separadamente dos demais estádios de maturação (verde, verde-cana, passa e seco).

### **2.2.6 Análise estatística**

Para as análises estatísticas utilizou-se o software Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2000). Para cada época de avaliação, ou seja, fase da frutificação e maturação fez-se análise de variância e teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

## **2.3 Resultados e Discussões**

### **2.3.1 Crescimento dos frutos**

A diferença de massa de matéria seca de dez frutos chumbinho nas plantas mais sombreadas (TSB e TI1) em relação aos tratamentos TI2 e TPS pode ser explicada pela menor quantidade de frutos por planta nos tratamentos TSB e TI1, comparativamente ao TI2 e TPS (Figura 3).



Figura 3 - Plantas dos tratamentos TSB e TI1 com menor carga de frutos pendentes

A menor carga de frutos pendente nas plantas sombreadas (TSB, 40 % da irradiância) e naquelas parcialmente sombreadas, ao lado da interface da primeira linha de seringueira (TI1, 45 % da irradiância) respondeu pela maior quantidade de matéria seca, como resultado de saldo superior de carboidratos, embora não tenha sido quantificado, e que foi utilizado na frutificação (expansão e granação) (TBS e TB1) (Figura 4).

Na fase de expansão, além da deposição de parte de carboidratos da ordem de 45 %, nas células formadas (CHAVES FILHO; SARRUGE, 1984), é muito importante a disponibilidade hídrica, pois a pressão de turgor aumenta o volume delimitado pelo endocarpo à granação. Nesse caso, a menor massa de matéria seca durante a expansão dos grãos de TI1 deve-se, possivelmente, à competição por água pela seringueira e pelo renque de café (Figura 1), além das perdas normais por transpiração.

Nas plantas sombreadas (TSB), esse fato foi menos acentuado, devido ao menor déficit de pressão de vapor para a atmosfera, proporcionado pela redução da irradiação em relação às plantas TI1 (na interface com plantas expostas ao sol da manhã). Nas plantas a pleno sol a competição hídrica ocorreu somente entre cafeeiros, com irrigação suficiente para complementar a demanda durante o período chuvoso (veranico).

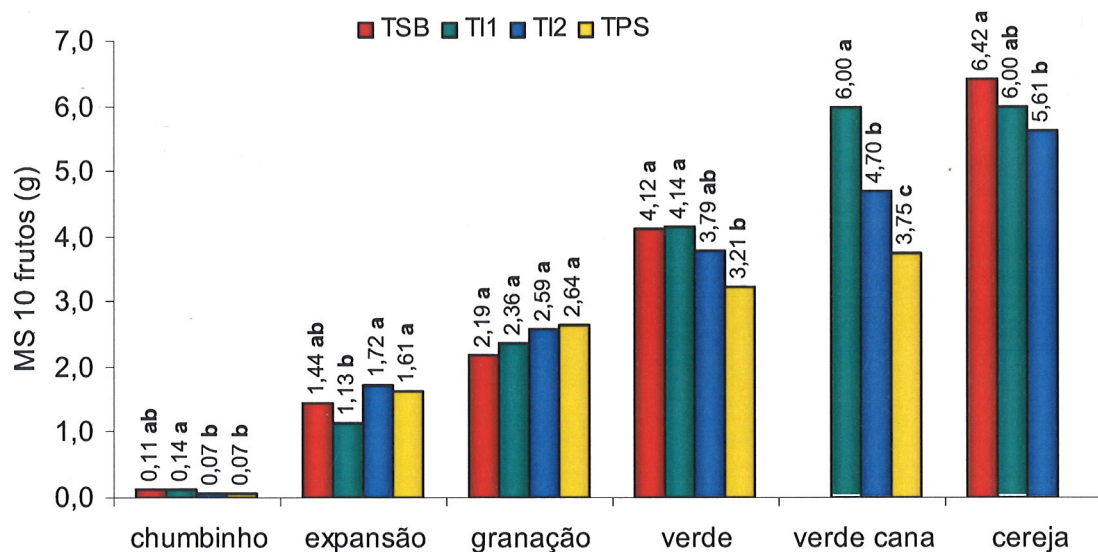


Figura 4 - Massa de matéria seca (g) de dez frutos em cada fase da frutificação e maturação dos cafeeiros em relação aos níveis de irradiação

Na granação, completa-se o enchimento dos grãos que foram semelhantes, pois não houve diferença na massa de dez frutos, o que se explica pelo tempo em que se deu o acúmulo de carboidratos. A equivalência de saldo de carboidrato (fotossíntese e respiração), inferida pela massa de dez frutos, deve-se ao tempo de deposição nos grãos do TI2 e TPS que ocorreu até meados de março de 2006, enquanto no TSB e TI1, completou-se em menos tempo (meados de fevereiro). O depósito de matéria seca foi mais rápido, aproximadamente 30 dias, devido a menor quantidade de frutos nas plantas desses tratamentos (Figura 3).

### 2.3.2 Maturação dos frutos

Em relação à maturação dos frutos pode-se observar o maior acúmulo de massa seca (g) de dez frutos verde nas plantas sombreadas (TSB, 40 % de irradiância) e nas parcialmente sombreadas TI1 (45 %) e TI2 (80 %), que diferem somente das plantas a pleno sol (TPS, 100 %). Por sua vez, as plantas do tratamento TI2 apresentaram massa de fruto verde semelhante às plantas a pleno sol (TPS) (Figura 4). Os frutos verde, sob baixa irradiância (40 a 45 %), comparados à situação a pleno sol deveriam ter proporcionado maior saldo de  $\text{CH}_2\text{O}$ , cuja explicação mais provável consiste na redução da respiração nesse ambiente (TSB e TI1), devido à proteção das folhas e frutos à insolação, assim como ao menor estresse.



Figura 5 - Maturação desuniforme dos frutos do tratamento a pleno sol (TPS)



Figura 6 - Maturação uniforme dos frutos dos tratamentos nas interfaces TI1 e TI2 sob arborização parcial

A maior massa de dez frutos verde-cana ocorreu nas plantas TI1 (parcialmente sombreada, 45 % de irradiância), devido à proteção dessas plantas à temperaturas elevadas em razão da exposição à face soalheira, provocando maior respiração foliar e dos frutos, pelo aquecimento de ambos. Outra provável explicação relaciona-se com o aumento do volume de mucilagem e o engrossamento da casca, verificada nesses frutos (TI1).

À medida que as plantas receberam maior quantidade de irradiância no período da tarde (TI2 e TPS) houve uma acentuada diminuição na massa dos frutos verde-cana, com epicarpo delgado e com menor quantidade de substâncias no mesocarpo (mucilagem). Ressalta-se que nessa época houve uma interrupção da irrigação, afetando significativamente as plantas expostas a maior irradiância. A ausência de dados de frutos verde-cana nas plantas sombreadas (TSB) deve-se a passagem abrupta do estágio verde para o estágio cereja. A provável razão desse fato está no aumento da luminosidade em decorrência do ciclone que provocou a derrubada e quebra de galhos das seringueiras, em 29 de março de 2006, com ventos superiores à  $150 \text{ km.h}^{-1}$  (Figura 8). Nesse caso, as plantas foram submetidas à temperaturas mais elevadas pela exposição à face soalheira, que não ocorria anteriormente.



Figura 7 - Vista do sistema arborizado após o ciclone ocorrido em março de 2006 que derrubou árvores o seringal que sombreava os tratamento TSB, T11 e T12

Finalmente, a massa de dez frutos na fase cereja evidencia maior quantidade de matéria seca nas amostras coletadas no tratamento sombreado (TSB, 40 % irradiância) e no parcialmente sombreado (TI1, 45 %). Assim, como ocorrera com a massa de frutos verde-cana, verifica-se também que a proteção das plantas ao sol poente contribuiu para a elevação da matéria seca (carboidrato). Os frutos das plantas a pleno sol permaneceram durante muito tempo no estágio verde-cana, secando praticamente sem passar pelo estágio cereja, o que justifica a ausência desses frutos para serem avaliados. Essa observação pode ser constatada na Figura 5, com grande quantidade de frutos secos nas plantas a pleno sol (TPS).



Figura 8 – Destruição de árvores do seringal após o ciclone de março de 2006



Realizou-se uma análise da maturação quando a porcentagem de frutos verdes era inferior a 10 % (29 de junho de 2006), verificado nas plantas sombreadas (TBS) e parcialmente sombreadas (TI1) (Figura 9).

Os resultados indicam que o aumento de exposição à irradiância atrasou a maturação dos frutos (TI2, 80 % de irradiância) e TPS ( 100 % de luminosidade), elevando a desuniformidade da mesma (Figuras 5, 6 e 9). Nessa época, observou-se que havia, aproximadamente, 30 % de frutos verde nas plantas do tratamento TI2 e mais de 60 % nas plantas à pleno sol (TPS) (Figura 9).

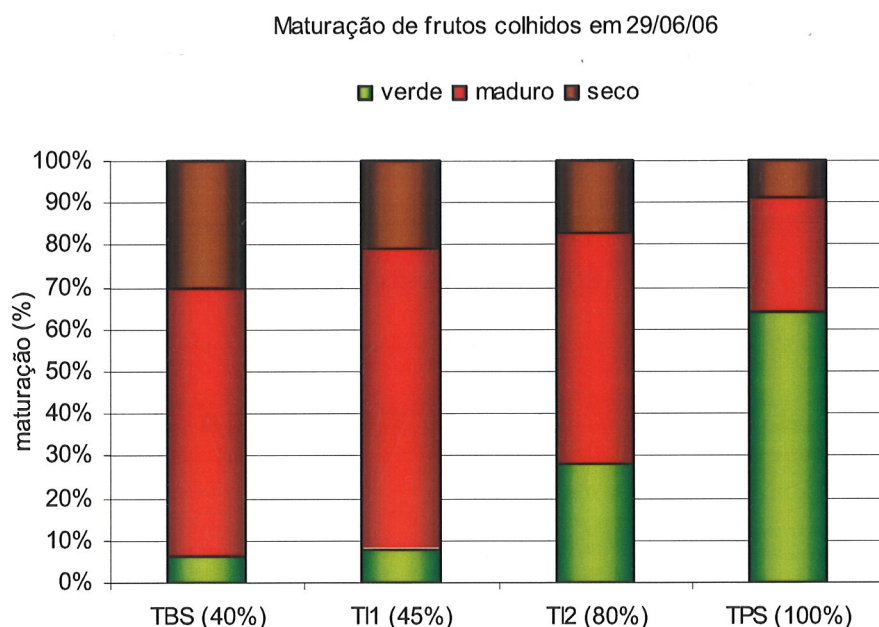


Figura 9 – Comparação da maturação de frutos colhidos na mesma época em função da irradiância (%)

### 2.3.3 Produtividade do cafeeiro

Como esperava-se, a maior produtividade ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ) de café beneficiado foi observada nas plantas a pleno sol, corroborando às observações práticas, assim como os resultados de vários autores (DaMATTA; RENA, 2002; RIGHI, 2005; LUNZ, 2006). Embora os frutos sombreados (TSB, 40% irradiância) e parcialmente sombreados (TI1,

45 % irradiância) possuísem maior acúmulo de massa por fruto (Figura 4), havia uma menor quantidade dos mesmos por planta (Figura 3).

Em condições de luminosidade superior a 80 % (TI2 e TPS), havia maior quantidade de frutos como evidenciam as Figura 5 e 6. A disponibilidade de energia, portanto, correlacionou-se com a produtividade de grãos, uma vez que as plantas a pleno sol (100% irradiância) produziram, em média, 1,25 kg.planta<sup>-1</sup>, superior à quantidade de frutos com 80 % de irradiância (TI2, 1,02 kg.planta<sup>-1</sup>), seguida das parcialmente sombreadas, 45 % irradiância (TI1, 0,62 kg.planta<sup>-1</sup>) e, finalmente, com menor produtividade àquelas sombreadas (TSB, 0,16 kg. planta<sup>-1</sup>) (Figura 10). Do exposto, a quantidade relativa de irradiância que proporciona altas produtividades sem distúrbios fisiológicos encontra-se ao redor de 80 % da plena irradiância. Apesar da maior produtividade aparente das plantas à pleno sol, constatou-se maior número de floradas que refletiu na desuniformidade da maturação, fato que pode dificultar a colheita e prejudicar a qualidade da bebida.

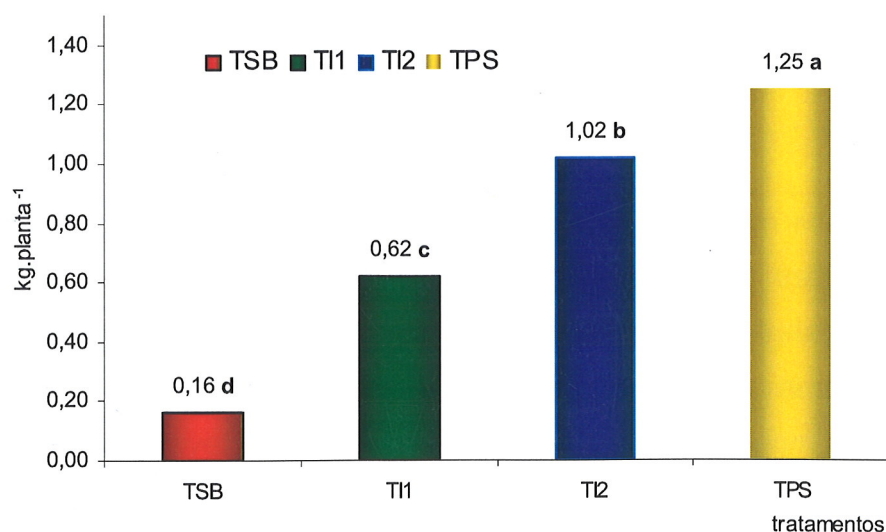


Figura 10 – Produtividade, em kg.planta<sup>-1</sup>, dos tratamentos (TSB, TI1, TI2 e TPS)

## **2.3.4 Qualidade da bebida**

### **2.3.4.1 Análise física**

#### **2.3.4.1.1 Aspecto dos grãos**

Houve uma piora no aspecto das amostras (Ref. TSB a TPS), considerando-se que os tratamentos TSB e TI1 resultaram em amostras de aspecto regular a bom, a amostra TI2 têm aspecto regular e o tratamento TPS levou os classificadores a considerarem a pior amostra (aspecto mau), devido à desuniformidade de cor dos grãos e ao maior número de grãos imperfeitos.

#### **2.3.4.1.2 Secagem dos grãos**

Igualmente, houve uma piora no julgamento das amostras a partir da TSB a TPS, sendo as três primeiras classificadas como seca regular e a última (TPS) recebendo a classificação má. Novamente, a desuniformidade da cor e o maior número de grãos imperfeitos nessa última amostra foram responsáveis por esse resultado.

#### **2.3.4.1.3 Cor dos grãos**

Assim como nas análises anteriores, houve um escalonamento na classificação das amostras a partir da amostra TSB a TPS. O tratamento TSB promoveu uma coloração adequada, um pouco melhor que os tratamentos TI1 e TI2, também considerados satisfatórios. O aspecto “manchado” das amostras não se constitui em um problema grave, indicando que estas amostras deveriam receber um número maior de revolvimentos sob o Sol. O tratamento TPS novamente apresentou o pior resultado, provavelmente em função do maior número de grãos imperfeitos (defeitos) nesse tratamento.

#### **2.3.4.1.4 Umidade dos grãos**

As três primeiras amostras (TSB a TI2) mostraram teores de umidade adequados (entre 11 e 12%) e favoráveis para o armazenamento do café. A amostra TPS possui

teor de umidade ligeiramente abaixo do adequado, provavelmente em função do maior número de grãos imperfeitos e que necessitaria de um cuidado maior durante a secagem.

#### **2.3.4.1.5 Tipo dos grãos**

Observou-se um escalonamento no tipo do café das amostras TSB a TPS. O maior incremento negativo deu-se entre as amostras TI2 e TPS (4 – 10 e 5 a 30, respectivamente), havendo quase uma semelhança de tipos entre as amostras TSB e TI1. O tipo menor da amostra TPS deveu-se à presença de grãos verdes (imaturos) e demais defeitos (quebrados, mal-formados, conchas e outros). O baixo tipo da amostra TSB (especialmente) demonstra que os cuidados durante a colheita e a secagem foram adequados e bem-conduzidos.

#### **2.3.4.1.6 Classificação por peneiras**

Os resultados das análises pelos classificadores mostraram que não houve uma diferença marcante entre as distribuições de peneiras (tamanho dos grãos) dos tratamentos. Os grãos retidos nas peneiras 15 acima situaram-se em torno de 90 % a 94 %, mostrando a boa condução dos ensaios quanto à parte nutricional e ao fornecimento de água.

#### **2.3.4.2 Análise sensorial**

##### **2.3.4.2.1 Torração dos grãos**

Os provadores consideraram que houve pouca variação na torração dos grãos entre os tratamentos, com algum destaque negativo para a amostra TI2. Provavelmente, isso se deveu à menor porcentagem de grãos retidos nas peneiras 17 e 18 (63% para esta amostra e entre 70 – 80% para as demais amostras) e, simultaneamente, à maior porcentagem de grãos retidos na peneira 16 (23 % para a amostra em questão e de 12 a 15% nas demais amostras), o que pode ter resultado em maior desuniformidade nessa amostra e ao resultado observado.

#### **2.3.4.2.2 Aroma dos grãos**

Os provadores consideraram que as amostras TSB e TI2 apresentavam, ainda, a predominância de aromas agradáveis e particulares de café, enquanto que as amostras TI1 e TPS mostravam alguns sinais de aromas desagradáveis e não-característicos de cafés bem processados. Entretanto, pelo baixo número de defeitos e outras características físicas das amostras, pode-se supor também que o ambiente do plantio e a variação de condução dos experimentos devem interagir nos resultados de aroma.

#### **2.3.4.2.3 Corpo da bebida**

Os provadores consideraram que não houve uma variação expressiva nas intensidades de corpo da bebida das amostras. De modo geral, as intensidades foram de caráter médio, com algum destaque ligeiramente negativo para a amostra TI2. Aparentemente, as mesmas condições que determinaram as notas de torração influenciaram também as notas de corpo. É necessário lembrar-se que o corpo da bebida é uma sensação bucal, percebida na cavidade da boca e distinta das características de aromas das bebidas, percebidas pelo olfato.

#### **2.3.4.2.4 Acidez e amargor da bebida**

Essas características da bebida não sofreram variação entre os tratamentos, determinadas pela região de plantio e/ou pelas condições do experimento.

#### **2.3.4.2.5 Classificação da bebida**

Todas as amostras apresentaram bebida Dura, expressando a boa condução, de preparo das amostras e das condições e ambiente do ensaio.

#### **2.3.4.2.6 Observações**

Embora todas as amostras apresentassem a mesma classificação de bebida, houve uma variação quase gradativa entre os tratamentos, especialmente na sensação bucal de adstringência. Embora a amostra TI2 tenha gosto estranho na bebida, de natureza desconhecida, observa-se que o tratamento TSB foi distinto dos demais e que os fatores que levaram à intensidade da sensação adstringente foram menos

expressivos nessa amostra que nas demais. Há pequeno número de defeitos nas amostras TSB, TI1 e TI2 devido à presença de grãos verdes. Na amostra TPS, assume-se que a variação de tratamentos levou à colheita dos grãos em aparente estágio de maturação completa (demonstrada pela cor da casca e não pela intensidade de transformação de triptofano em serotonina e migração dos ácidos clorogênicos no interior dos grãos), assim como as condições do tratamento TSB promoveram uma maturação mais completa que os outros tratamentos.

#### **2.3.4.2.7 Qualidade global**

A união das análises físicas com as sensoriais mostrou que os classificadores consideraram que o tratamento TSB apresentou os melhores resultados e que houve um escalonamento negativo entre os tratamentos, sendo a amostra TPS considerada a de pior resultado e as amostras TI1 e TI2 com pequenas variações não-significativas entre elas.

### 3 CONCLUSÕES

O acúmulo de matéria seca nas fases chumbinho, expansão e granação variou com a quantidade de frutos na planta. A expansão dos frutos depende da irradiância disponível e a granação, do tempo de deposição de reservas.

O acúmulo de matéria seca em frutos verde, verde-cana e cereja foi superior nas plantas protegidas da face soalheira, favorecida pela exposição até o limite de 80% da irradiância a pleno sol.

O processo e a uniformidade de maturação foram beneficiados pela exposição dos cafeeiros até 80% de luminosidade.

A produtividade de grãos por planta aumenta proporcionalmente com a disponibilidade crescente de radiação solar.

## REFERÊNCIAS

ASTOLFI, P.T.; PEDROSO, P.A.C.; CARVALHO, N.M.; SADER, R. Maturação de sementes de café (*Coffea arabica* L. vc. Mundo Novo). **Científica**, Jaboticabal, v. 9, 289-294, 1981.

BEER, J.W.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 38, p. 139-164, 1998.

BONHOMME, R. Bases and limits to using degree.day units. **European Journal of Agronomy**, cidade, v. 13, p. 1-10, 2000.

BRENNER, A. J. Microclimatic modifications in agroforestry. In: ONG C.K.; HUXLEY P. (Ed.). **Tree-crop interactions: a physiological approach**. Wallingford: CAB International, 1996. chap. 5, p.159-188.

CAMARGO, A.P. de. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 831-839, 1985b.

CAMARGO, A.P. de; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CANNELL, M.G.R. Changes in the respiration and growth rates and developing fruits os *Coffea arabica* L. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 46, p.263-272,1971a.

CANNELL, M.G.R. Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. IV. Effects of seasonal differences in rainfall on bean size. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 36, p. 176-180, 1971b.

CARAMORI, P.H.; LEAL, A.C.; MORAIS, H. Temporary shading of yong coffee plantations with *Mimosa scabrella* Benth. For frost protection in southern Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 7, n. 2, p. 1-4, 1999.

CARAMORI, P.H.; KATHOUNIAN, C.A.; MORAIS, H.; LEAL, A.C.; ANDROCIOLI FILHO, A. Arborização de cafezais e aspectos climatológicos. In: MATSUMOTO, S.N. (Ed.). **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2004. cap. 1, p.21-38.

CHAVES, J.C.D.; SARRUGE, J.R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante o ciclo produtivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 4, p. 427-432, 1984.



CLOWES, M. STJ.; WILSON, J.H.H. The growth and development of lateral branches of *Coffea arabica* L. **Rhodesia Agricultural Research**, cidade, v. 15, p. 171-185, 1977.

DaMATTA, F.M. Fisiologia do cafeeiro em sistemas arborizados. In: MATSUMOTO, S.N. (Ed.). **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2004. cap. 3, p.87-107.

DaMATTA, F.M.; RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2002. cap. 3, p. 93-136.

EVANOFF, C.E.A. **Biología del café**. Caracas: Universidade Central de Venezuela, 1994. 308 p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In.45<sup>a</sup> Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p. 255-258.

GATES, D. M. Heat transfer in plants. **Scientific American**, New York, v. 213, p. 76-84, 1965.

GOLDTHORPE, C.C. A review of environmental issues in natural rubber production. **Planter**, Kuala Lumpur, v.72, n.840, p. 123-128, 131-139, 1996.

GOUVEIA, N.M. **Estudo da diferenciação e crescimento de gemas florais de *Coffea arabica* L.**: observações sobre antese e maturação dos frutos. 1984. 237 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1984.

HEEMST, H.D. VAN. Physiological principals. In: KEULEN, H.; WOLF, J. **Modelling of agricultural production: weather soils and crops**. Wageningen: Pudoc. 1986. p.13-16

KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. **Kenya Coffee**. Kenya, v. 44, p. 9-47, 1979.

LEAL, A.C. Quebra-ventos arbóreos – aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. **Informe da Pesquisa IAPAR**, Londrina, ano 10, n. 67, p. 27, jul. 1986.

LEON, L.; FOUNIER, L. Crescimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. **Turrialba**, San José, v.2, n.12 p.65-67, 1962.

LINACRE, E. T. A note on feature of leaf and air temperatures. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 1, p. 66-72, 1964.

LUNZ, A.M.P. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol.** 2006. 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Título do capítulo. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWISKI, T.T. (Ed.). **Coffee.** New York: Academic Press, 1977. p. 249-278.

MONTEITH, J.L.; ONG, C.K.; CORLETT, J.E. Microclimatic interactions by in agroforestry systems. **Forestry Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 31-44, 1991.

ONG, C.K.; CORLETT, J.E.; MARSHALL, F.M.; BLACK, C.R. Principles of resource capture and utilization of light and water. In: ONG C.K.; HUXLEY P. (Ed.). **Tree-crop interactions: a physiological approach.** Wallingford: CAB International, 1996. chap. 4, p. 73-158.

OYABADE, T. Studies on the pattern of growth and development of *Coffea arabica* L. **Turrialba**, San José, v. 2, n. 12, p. 65-74, 1962.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

RAMAIAH, P. K.; VASUDEVA, N. Observations on growth of the coffee berries in soth Índia. **Turrialba**, San José, v. 19, n. 4 p. 455-464, 1969.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 48, p. 34-41, 2000

RIGHI, C.A. **Avaliação ecofisiológica do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em sistema agroflorestal e em monocultivo.** 2005. 101 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SÁ, T.D.A. Aspectos climáticos associados a sistemas agroflorestais: implicações no planejamento e manejo em regiões tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais ...** Colombo: EMBRAPA, 1994. v. 1, p. 391-429.

SALAZAR-GUTIERREZ, M.R. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. **Cenicafé**, Caldas, v. 45, n. 2, p. 41-50, 1994.

SONDAHL, M.R.; SHARP, W.R. Research in *Coffea arabica* L. A rewiew. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 44, n. 519, p. 9-47, 1979.

- SYLVAIN, P.G. El ciclo de crecimiento de *Coffea arabica*. **Turrialba**, San Jose, 1958.
- TOLEDO, J.L.B.; BARBOSA, A.T. **Classificação e degustação de café**. Brasília: SEBRAE; Rio de Janeiro: ABIC, 1998. (Série Agronegócios).
- VILLA NOVA, N.A. **Dados meteorológicos do município de Piracicaba**. Piracicaba, ESALQ: Departamento de Ciências Exatas, 2003, 2 p.
- VOLTAN, R.B.Q.; FAHL, J.I; CARELLI, M.L.C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidade luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.
- WILLEY, R.W.; REDDY, M.S. A field technic for separating above-and bellow interactions in intercropping and experiment with pearl millet groundnut. **Experimental Agriculture**, London, v. 17, p. 257-264, 1981.
- WORMER, T. M. The growth of the coffee berry. **Annals of Botany**, London, v. 28, p. 47-55, 1964.