

MARCOS RAFAEL PETEK

**EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E ESTIMAÇÃO DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS EM GENÓTIPOS
DE *Coffea arabica*.**

MARCOS RAFAEL PETEK

**EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E ESTIMAÇÃO DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS EM GENÓTIPOS
DE *Coffea arabica*.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, da Universidade
Estadual de Londrina.

Orientador(a): Profa. Dra. Inês Cristina de
Batista Fonseca

Co-Orientador(a): Prof. Dr. Tumoru Sera

LONDRINA
2007

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P477e Petek, Marcos Rafael.
Exigências climáticas e estimação de parâmetros genéticos para o desenvolvimento dos frutos em genótipos de *Coffea arabica* / Marcos Rafael Petek. – Londrina, 2007.
70f. : il.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.

Co-orientador: Tumoru Sera.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Café – Melhoramento genético – Teses. 2. Vegetação e clima – Teses. 3. Climatologia agrícola – Teses. 4. Fenologia vegetal. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista. II. Sera, Tumoru. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.52:633.73

MARCOS RAFAEL PETEK

**EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E ESTIMAÇÃO DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS EM GENÓTIPOS
DE *Coffea arabica*.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Aprovada em: 23/08/2007

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. OLIVEIRO GUERREIRO FILHO / Instituto Agronômico - IAC

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE CARAMORI / Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR

Prof. Dr. EDISON MIGLIORANZA / Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. DEONISIO DESTRO / Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. LUIZ CARLOS FAZUOLI (suplente) / Instituto Agronômico - IAC

Profa. Dr(a). VALÉRIA CARPENTIERI PÍPOLO (suplente) / Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. TUMORU SERA
Co-Orientador
Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR

DEDICATÓRIA

A Deus, ao meu pai Nacir por estar sempre olhando e cuidando de todos nós, a minha esposa Anna Carla pelo apoio, companheirismo e compreensão nos momentos difíceis, a minha mãe Oderfina pela força e apoio desde sempre e aos meus irmãos Paulo e Jonas pela amizade e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Tumoru Sera pelos ensinamentos durante a minha vida profissional.

Agradeço a minha orientadora Inês Cristina de Batista Fonseca pela orientação aos caminhos do curso de doutorado.

Agradeço a todos os professores e funcionários que fazem parte do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UEL.

Agradeço aos meus amigos Carlos Eduardo (Duzão), Marcos Alteia (Marcão), Mario Zapparoli (Marinho), Flávio (Flavinho), Gerson Silva Giomo, Antonio Carlo Baião de Oliveira, Júlio César Mistro e Sérgio Parreiras Pereira pelo companheirismo de todos os momentos.

Agradeço a equipe de melhoramento genético de café do IAPAR – José Alves de Azevedo, João Siqueira da Mata, José Ronaldo Volpato, Aparecido Benedito da Silva, Claudionor Ribeiro Filho, João Alves de Moraes, Sebastião Augusto Pereira pela amizade, companheirismo, apoio e colaboração durante a realização e execução dos trabalhos.

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina, ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café e CAPES.

Agradeço ao IAPAR por proporcionar o desenvolvimento da tese e pela possibilidade de desenvolvimento profissional.

PETEK, MARCOS RAFAEL. **EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS EM GENÓTIPOS DE *Coffea arabica***. 2007. 70p. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RESUMO

Os objetivos desta pesquisa foram estimar parâmetros genéticos, caracterizar as exigências climáticas para os estádios fenológicos, bem como analisar a existência de interação entre genótipos e ambientes para as exigências climáticas em seleções e cultivares de *Coffea arabica*. O experimento foi desenvolvido no IAPAR, em Londrina, em condições de campo e os tratamentos foram constituídos por variedades e cultivares de café. Os estádios fenológicos das seleções e cultivares foram caracterizados de acordo com número de dias, graus-dia e balanço hídrico. Foram também estimados parâmetros genéticos e analisadas a influência da temperatura e precipitação na duração dos estádios. A utilização do conceito de graus-dia na caracterização dos estádios fenológicos para a maturação dos frutos em café arábica foi eficiente, mas não pode ser considerada isoladamente de outras variáveis climáticas, das quais a disponibilidade hídrica é muito importante. Foi possível caracterizar de acordo com a exigência térmica, as cultivares e seleções em grupos de maturação precoce, médio e tardio. Considerando a variabilidade genética, o estádio de grão verde é o maior responsável pelas diferenças entre os genótipos em duração do período florada – cereja. Deficiências hídricas aceleram a maturação dos frutos, através da abreviação de todo os estádios fenológicos. A interação entre os genótipos e ambientes não foi detectada, ou seja, os genótipos de café arábica respondem no mesmo sentido e intensidade às diferenças em precipitação. A utilização de notas para avaliar o período florescimento-maturação dos frutos em café arábica é eficiente para avaliar a variabilidade e selecionar para precocidade de maturação.

Palavras-chave: Cafeeiro, escalonamento da colheita, demanda climática, graus-dia, maturação dos frutos.

PETEK, MARCOS RAFAEL. **CLIMATIC REQUIREMENTS AND PARAMETERS GENETIC ESTIMATES FOR FRUIT DEVELOPMENT OF *Coffea arabica* GENOTYPES**. 2007. 70p. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

ABSTRACT

The aims of this research were to estimate genetic parameters, to determine the climatic requirements for the phenological stages, and to determine the genotype x environment interactions for climatic requirements of fruit development in Arabic coffee genotypes. The experiments were carried out in field conditions at the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), Londrina – PR, with selections and cultivars of *C. arabica*. It was evaluated each phenological stadium (pinhead, expansion, green, sugar cane green and the period flowering – cherry). Each phenological stadium was characterized according to its duration, total of degree-days and water balance. The genetic parameters were estimated and the influence of the temperature and precipitation in time to occur each phenological stadium were analyzed. The use of degree-days concept for characterization of coffee fruit maturation was efficient, showing the effective effects of temperature on the flowering – ripening period, as well as on phenological stadiums. The selections and cultivars were separated according to its respective thermal demand (degree-day needs) in early, medium and late maturation. Water deficiency accelerates fruit maturation in all phenological stadiums. The interaction genotype x environment have not been detected. The use of scores to evaluate fruits maturation period in arabic coffee was efficient to evaluate variability and to select for maturation precocity.

Key words: Coffee, sequence harvest, climatic demands, degree-day, fruits maturation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
3 ARTIGO A: EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS DE CULTIVARES DE <i>Coffea arabica</i>.	
3.1 Resumo e Abstract.....	15
3.2 Introdução.....	17
3.3 Material e Métodos.....	18
3.4 Resultados e Discussão	20
3.5 Conclusões.....	32
3.6 Referências.....	33
4 ARTIGO B: EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE PARA DESENVOLVIMETNO DOS FRUTOS EM LINHAGENS E CULTIVARES DE <i>Coffea arabica</i>.	
4.1 Resumo e Abstract.....	37
4.2 Introdução.....	39
4.3 Material e Métodos.....	41
4.4 Resultados e Discussão	45
4.5 Conclusões.....	63
4.6 Referências.....	64
5 CONCLUSÕES GERAIS	66
6 REFERÊNCIAS	68

INTRODUÇÃO

O agronegócio café gera cerca de US\$ 70 bilhões em vendas no varejo do mercado mundial e o Brasil é o maior produtor, sendo responsável por aproximadamente 30% da produção. É também o segundo país que mais consome a bebida, que é uma das mais consumidas do mundo. Portanto, o café é uma das principais fontes de divisas comerciais do Brasil no mercado internacional e se sujeita às modificações, sejam boas ou ruins, provocadas pelo processo de globalização da economia. A globalização implica em necessidade de aumentar produtividade, diminuir custos e ainda fornecer, continuamente, cafés de qualidade ao mercado para obter melhores lucros na atividade.

Paralelamente ao desenvolvimento de tecnologias de produção, administração e comercialização, a busca por sustentabilidade na cafeicultura se intensificou nos últimos anos. A cafeicultura sustentável procura contemplar requisitos econômicos direcionados à rentabilidade mínima e contínua para fazer face às necessidades sociais dos cafeicultores e das pessoas envolvidas na cadeia produtiva, além de ser necessário utilizar tecnologias que respeitem o ambiente.

O desenvolvimento da sustentabilidade da cafeicultura no Brasil passa pelo aumento da rentabilidade do produtor como forma de garantir sua permanência na atividade. Isso depende, em boa parte, de sistemas de cultivo estáveis e que utilizem cultivares produtivas com qualidade, adaptadas a cada condição edafoclimática, resistentes a parasitos limitantes e possuidoras de características culturais que reduzam os custos.

Os programas de melhoramento genético de café já são, em sua essência, parceiros da sustentabilidade pois, têm como objetivo o desenvolvimento de cultivares que aumentam a rentabilidade com aumento de produtividade e redução de custo, bem como, melhoria da qualidade do produto e beneficiando os itens sociais e ambientais.

A tecnologia disponível para a cafeicultura brasileira é bastante desenvolvida, seja para familiar ou em grande escala, pois existe potencial de produzir mais de 4.800 kg de grãos ou 80 sacas de café beneficiada por hectare por ano. Os programas de melhoramento genético do Brasil disponibilizam muitas cultivares que tornam a cafeicultura Brasileira bastante competitiva no cenário

mundial. Alguns exemplos de tecnologias desenvolvidas pelo melhoramento genético brasileiro são as cultivares excepcionalmente produtivas, resistentes aos parasitos e adaptadas para diferentes sistemas de cultivo. Estes sistemas de cultivo podem ser: adensado ou convencional, manual ou mecanizado, sombreado ou pleno sol, sequeiro ou irrigado e orgânico.

As diferenças existentes quanto à maturação dos frutos, entre as cultivares disponíveis no mercado possibilitam a indicação regional daquelas mais adaptadas e a locação delas na propriedade que são outros exemplos de tecnologias desenvolvidas pelo melhoramento genético de café. A obtenção de cafés de melhor qualidade e produzidos com riscos menores para atividade são conseqüências do uso dos diferenciais quanto à precocidade de maturação dos frutos, evitando danos provocados por geadas e diminuição da produtividade por frutos mal granados e de peneira baixa.

Outro exemplo de tecnologia que visa, principalmente, diminuir custos e aumentar a quantidade de cafés com qualidade superior é o escalonamento genético da colheita que consiste em utilizar na propriedade, cultivares com épocas de maturação dos frutos diferenciados para escalonar a colheita e aumentar a eficiência do uso de mão-de-obra, bem como, de capital na colheita e pós-colheita. Tornam possível colher maior quantidade de café no ponto ideal de maturação e diminuir o custo com equipamentos de colheita e com infra-estrutura de pós-colheita.

É possível utilizar estas tecnologias com as cultivares que estão no mercado, porém, não há informações suficientes do comportamento delas em grande parte das regiões produtoras, com relação à época de maturação e existem indicações de que esta característica pode variar bastante de uma região edafo-climática para outra. Portanto, para o uso do escalonamento genético de colheita com eficiência em curto prazo, é preciso caracterizar as necessidades térmicas de cada cultivar e, conseqüentemente, uniformizar os critérios de classificação e agrupar aquelas disponíveis para plantio, no Brasil, quanto à precocidade de maturação dos frutos.

Para continuar subsidiando os cafeicultores com relação ao escalonamento genético da colheita, bem como, aumentar a eficiência, é preciso desenvolver novas cultivares adaptadas para cada região produtora de café do Brasil, com épocas de maturação variando desde super-precoce (mais precoce que 'Icatu Precoce IAC 3282') até super-tardia (mais tardia que cultivares do "Catuaí"),

dando ênfase a cultivares mais precoces para regiões mais frias e/ou de maior altitude e cultivares com maturação mais tardias para regiões mais quentes e/ou de menor altitude. É preciso também desenvolver novas cultivares resistentes a pragas e doenças, principalmente a ferrugem, representando todas as classes de época de maturação dos frutos (super-precoce, precoce, semi-precoce, média, semi-tardia, tardia e super-tardia), principalmente para atender aos anseios do “Modelo IAPAR de Café Adensado”, que é o foco principal do programa de melhoramento genético de café arábica do IAPAR.

O uso da tecnologia de escalonamento da colheita, utilizando cultivares produtivas, adaptadas as condições edafo-climáticas regionais e resistentes a pragas e doenças, trará grandes benefícios econômicos, sociais e ambientais. A cafeicultura é uma das poucas atividades agrícolas que pode proporcionar viabilidade econômica para propriedades em todas as escalas, desde familiar até fazendas empresas, passando pelo pequeno, médio e grande produtor.

Os benefícios sociais virão através do aumento da renda do cafeicultor familiar, pela diminuição do custo da colheita/pós-colheita e pelo aumento da qualidade do café, visando melhores preços que podem aumentar a qualidade de vida da família no campo. Os benefícios econômicos serão visualizados na região, onde há predominância de pequenos produtores, como é característico de algumas regiões dos estados produtores que, com o aumento da renda familiar, proporcionará desenvolvimento econômico regional.

Com relação à cafeicultura empresarial, os usos destas tecnologias, possibilitam a utilização mais eficiente de recursos relacionados ao capital na forma de colhedoras e do recurso mão-de-obra na colheita, seja manual ou mecanizada. Proporcionam, também, a diminuição de custos em instalação e manutenção da infra-estrutura de pós-colheita, instalações de processamento, secagem e armazenamento do café. A quantidade de cafés de qualidade na propriedade será aumentada, pois colherá maior quantidade de café no ponto ideal, e o empresário poderá conseguir melhores preços, além de aumentar sua competitividade no mercado internacional. O aumento da rentabilidade da empresa rural resultará em maiores investimentos, tanto no setor produtivo primário como no industrial, esses investimentos significam aumento de empregos, proporcionando desenvolvimento social.

Os objetivos desta pesquisa são classificar as cultivares de café arábica por grupo de maturação de acordo com as exigências térmicas, estabelecer parâmetros que auxiliem no desenvolvimento de uma metodologia de classificação precisa e de fácil execução para cultivares e linhagens avançadas, bem como, comprovar a eficiência da metodologia, simplificada e subjetiva, utilizada durante a seleção de cafeeiros no processo de desenvolvimento de cultivares.

REVISÃO DE LITERATURA

A cafeicultura brasileira dispõe de cultivares excepcionalmente produtivas, dependendo da tecnologia utilizada, que são resultados de décadas de pesquisa, iniciada em 1932 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e, desde a década de 70, por outras instituições. Dentre estas, as principais são o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), o PROCAFÉ/MAPA e o Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (Incaper), esta última, principalmente com *C. canephora*.

Apesar das dificuldades de realizar melhoramento genético em uma cultura perene como o café, Carvalho (1965) estimou um progresso de 240% em produtividade de cultivares de café, obtido pelo IAC, quando comparou as cultivares do “Mundo Novo” em relação à ‘Arábica’ ou ‘Típica’, a primeira a ser plantada no Brasil. Levando em consideração o grande avanço obtido e que as cultivares brasileiras são originadas de uma estreita base genética, a obtenção de progresso genético, em produtividade, ficará bastante difícil (FAZUOLI et al., 2002). Avanços em produtividade, com aumento de rentabilidade para o produtor, poderão vir com o desenvolvimento de cultivares com outras características como, resistência a pragas e doenças, adaptação a condições edafo-climáticas desfavoráveis e a diferentes sistemas de cultivo e melhoria da qualidade do produto originários de outros germoplasmas como de Icatu, Híbrido de Timor, Híbrido de Kawisari e Aromosa.

A colheita (pré-colheita, colheita propriamente dita e a pós-colheita), é o item mais oneroso no custo de produção de café (VEGRO et al., 2000). Segundo a Bolsa de Mercadorias & Futuros, publicado no “Estatísticas dos Mercados Físico e Futuro de Café” de Abril de 2003, o custo da colheita do café varia de 24 a 30% e Vegro et al. (2000) obtiveram variação de 14,16% a 22,98% apenas para a mão de obra na colheita, de acordo com a região e população de plantas/ha e produtividade.

O manejo das cultivares com épocas de maturação diferentes para escalonar a colheita contribuem para aumentar a competitividade dos cafeicultores e tem sido preconizado por vários pesquisadores (SERA e GUERREIRO, 1994; GARÇON et al., 2001; MATIELO e ALMEIDA, 2001; SERA et al., 2002; PEREIRA et al., 2002;). Estas cultivares também podem ser usadas para reduzir o dano com geadas e para alcançar seus potenciais de produtividades e qualidade, devido a regionalização e locação topoclimática das cultivares na propriedade. As vantagens

fornecidas pelo uso desta tecnologia se baseiam em aumento da eficiência na utilização de mão de obra e mecanização na colheita. Diminuição do investimento e manutenção em infra-estrutura de pós-colheita e obter maior quantidade de frutos no estado “cereja” ou em épocas mais apropriadas proporcionam mais café de qualidade superior a menor custo. A colheita se estenderá por mais tempo com a tecnologia de escalonamento genético, dependendo da quantidade de cultivares utilizadas e se pode recomenda cultivares para que a colheita se realize fora da época crítica de frio e de chuva.

Atualmente existem registradas junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (www.agricultura.gov.br/rnc) 103 cultivares de café, com diversas características importantes, que podem ser utilizadas para o plantio com a tecnologia de escalonamento de colheita, já que há cultivares caracterizadas com diferentes épocas de maturação dos frutos.

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) possui registradas junto ao MAPA (www.agricultura.gov.br/rnc) e indicadas para o cultivo, cultivares classificadas com épocas de maturação precoce, média a precoce, média e média a tardia. As cultivares com maturação precoce são as sete cultivares do germoplasma Bourbon Amarelo e as cultivares Bourbon Vermelho IAC 662, Icatú Precoce IAC 3282 e Tupi IAC 1669-33 (FAZUOLI et al., 2002). Com época de maturação média a precoce possuem as seis cultivares do germoplasma Acaiá (FAZUOLI et al., 2002). As treze cultivares do germoplasma Mundo Novo são as representantes de maturação média (FAZUOLI et al., 2002). O grupo com maior exemplares de cultivares do IAC é o de maturação média a tardia formado pelas nove cultivares do “Icatú Vermelho”, três do “Icatú Amarelo”, oito do “Catuaí Amarelo”, oito do “Catuaí Vermelho” e Obatã IAC 1669-20 (FAZUOLI et al., 2002).

As cultivares de café registradas junto ao MAPA pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) são IAPAR 59, IPR 97, IPR 98, IPR 99, IPR 100, IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107 e IPR 108 (www.agricultura.gov.br/rnc). De acordo com a época de maturação dos frutos, avaliada em Londrina, Paraná, estas cultivares podem ser separadas em maturação semiprecoce ou média a precoce (IAPAR 59, IPR 97, IPR 104 e IPR 107), maturação média (IPR 98), semi-tardia ou média a tardia (IPR 99), tardia (IPR 100, IPR 101, IPR 103 e IPR 106) e super-tardia (IPR 102, IPR 108 e IPR 105) (SERA et al., 2002).

No Estado de Minas Gerais as duas instituições que possuem cultivares de café registradas junto ao MAPA e indicadas para o plantio são a EPAMIG e PROCAFÉ/MAPA. As cultivares da EPAMIG são Acaiá Cerrado MG 1474, Rubi MG 1192, Topázio MG 1190, OEIRAS MG 6851, PARAÍSO MG H419-1, Araponga MG1, Catiguá MG1, Catiguá MG2, Pau Brasil MG1 e Sacramento MG1 (www.agricultura.gov.br/rnc). De acordo com a época de maturação dos frutos, avaliada nos locais de seleção, a 'Acaiá Cerrado MG 1474' é média e as demais são de maturação intermediária entre 'Catuaí' e 'Mundo Novo' (PEREIRA et al., 2002). O MA/PROCAFÉ possui registradas e indicadas para o plantio 18 cultivares. Matielo e Almeida (2001) com base em observações realizadas em vários ensaios, principalmente no Sul e Zona da Mata em Minas Gerais, classificaram as cultivares em muito precoce (Canário), precoce (Catucaí Vermelho 19/8, Sabiá Precoce (417), Catucaí 785 e Catucaí-açu), medianamente precoce (Mundindu e Catucaí 24/137 Amarelo), média (Catucaí 24/137, Catucaí Amarelo-multilínea F₅, Catucaí Vermelho 20/15, Catucaí Amarelo 20/15, Catucaí Vermelho 36/6 e Sabiá 708) e tardia (IBC-Palma, Acauã, IBC-Palma 1 e Sabiá 398).

Portanto, a cafeicultura dispõe de grande quantidade de excelentes cultivares e com épocas de maturação diferenciadas. Porém estas cultivares foram classificadas quanto a época de maturação dos frutos em condições edafo-climáticas dos locais onde foram selecionadas e sabe-se que apesar da precocidade de maturação dos frutos ser controlada geneticamente (CARVALHO et al., 1991) é bastante afetada por condições edafo-climáticas regionais e microclimáticas (FAZUOLI, 1994). Portanto, pode haver comportamentos diferentes entre as cultivares de café, quanto às diferenças edafoclimáticas entre regiões de cultivo e anos diferentes. Como consequência pode acontecer de os diferenciais em maturação dos frutos esperados, não se concretizar. Cultivares caracterizadas como épocas de maturação diferentes nos seus locais de origem, podem se tornar iguais em outros locais devido a interação entre genótipos e ambientes.

A interação entre as culturas e os fatores ambientais, que são representados pelos diversos elementos meteorológicos, afeta o crescimento e o desenvolvimento sob diversas maneiras nos diferentes estádios de uma cultura (CAMARGO et al., 1986). Nesse contexto, o conhecimento do efeito das variáveis climáticas na produtividade e nos estádios fenológicos do cafeeiro tem grande aplicação prática (ORTOLANI et al., 2001).

Segundo Brunini et al. (1976) a temperatura do ar é um dos elementos mais envolvidos em estudos de relação clima-planta. Esses autores relatam que a temperatura do ar influencia os processos fisiológicos das plantas, interferindo em cada subperíodo de seu ciclo. Além disso, as plantas apresentam uma temperatura mínima ou temperatura basal abaixo das quais interrompe as suas atividades fisiológicas, uma faixa ideal de temperatura para o seu desenvolvimento adequado e uma temperatura máxima efetiva acima da qual a taxa respiratória supera a fotossíntese, prejudicando seu desenvolvimento.

O sistema de unidades térmicas ou graus-dia é uma importante ferramenta de caracterização da duração do ciclo fenológico de espécies de plantas de acordo com as exigências térmicas. Reaumur, por volta de 1735, observou que o somatório das temperaturas do ar durante o ciclo de várias espécies era praticamente constante, em diferentes anos, e assumiu que essa constante térmica expressa a quantidade de energia que uma espécie vegetal necessita para atingir um certo grau de maturidade, portanto, esta foi a primeira constatação do sistema de unidades térmicas ou graus-dia (PEREIRA et al., 2002).

O conceito de graus-dia se baseia no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionada à temperatura do meio (PEREIRA et al., 2002). A temperatura do ar expressa de maneira simples a energia contida no meio, portanto, graus-dia é uma avaliação simplificada de energia disponível para a planta em cada dia e se conceitua como o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (OMETTO, 1981).

A utilização deste conceito de somatória térmica pressupõe a existência de temperaturas basais (inferiores e superiores), aquém ou além das quais a planta não se desenvolve ou se desenvolve a taxas muito reduzidas (PEREIRA et al., 2002). Assume-se, na prática, que entre as temperaturas bases e a ótima, a relação entre temperatura do ar e desenvolvimento é praticamente linear (PEREIRA et al., 2002).

Monteith e Elston (1996) relatam que para as espécies C3 de clima temperado a temperatura base inferior é de 0°C e que para as espécies C4 e C3 de clima tropical esse valor é de 10°C. Para a cultura do café, trabalhando com a cultivar Mundo Novo, Iaffe et al. (2002) determinaram que a temperatura base é

11°C para a região de Campinas, SP, próxima aos valores pré-estabelecidos por Monteith e Elston (1996).

Alguns trabalhos foram realizados com o intuito de determinar as exigências térmicas para completar o ciclo do período reprodutivo de algumas cultivares de café arábica. A cultivar Mundo Novo IAC 379/19 necessita de uma soma térmica de 2642 graus-dia do florescimento a colheita, segundo Iaffe et al. (2001) e, Pezzopane et al. (2005) obtiveram também para a cultivar “Mundo Novo”, mas não especificando a linhagem, necessidade térmica de 2761 graus-dia do florescimento à maturação completa. Moraes et al. (2005) obtiveram para a cultivar IAPAR 59, necessidade térmica da florada ao estágio cereja de 2302 graus-dia.

Jaramillo e Guzmán (1984) relacionaram o crescimento e o diâmetro dos frutos com o acúmulo de unidades térmicas em duas floradas diferentes, na cultivar Caturra e obtiveram valores diferentes entre elas (2560 e 2445 graus-dia), indicando a existência de algum outro fator influenciando na exigência térmica desta cultivar. Segundo Salazar-Gutiérrez et al. (1994), a taxa de acúmulo de matéria seca, nos frutos da cultivar Colômbia durante o ciclo reprodutivo, quando relacionado ao acúmulo de graus-dia (2836 graus-dia) foi menor do que quando relacionado à quantidade de luz solar e a evapotranspiração.

O ciclo fenológico do cafeeiro é bastante extenso, conseqüentemente sujeito à significativas diferenças climáticas dentro de uma mesma florada, portanto, é preciso analisar cada estágio fenológico e identificar suas interações com as variáveis climáticas. É completado em dois anos fenológicos e segundo Camargo e Camargo (2001) pode ser dividido em seis fases distintas. O primeiro ano fenológico, considerado o período vegetativo, é formado por uma fase inicial de vegetação e formação de gemas florais, durante os meses de setembro a março, e outra fase de indução e maturação das gemas florais nos meses de abril a agosto (CAMARGO e CAMARGO, 2001). O segundo ano fenológico, chamado de período reprodutivo, é formado pelas fases de florada, chumbinho e expansão dos frutos (3ª fase), durante os meses de setembro a dezembro, granação dos frutos (4ª fase) entre janeiro e março, maturação dos frutos (5ª fase) nos meses de abril a junho e repouso e senescência (6ª fase) em julho e agosto (CAMARGO e CAMARGO, 2001).

O desenvolvimento dos frutos do cafeeiro arábica, ou seja, o período reprodutivo, inicia-se a partir da fertilização, com um período de intensa divisão

celular, mas os frutos crescem muito pouco em tamanho e volume. Esta fase é conhecida como chumbinho e dura de 6 a 8 semanas (CANNELL, 1985; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; CAMARGO e CAMARGO, 2001; ARCILA-PULGARÍN et al., 2002).

Após o estágio fenológico de chumbinho, inicia-se um período de rápido crescimento em volume e peso seco, até a 16ª ou 17ª semanas depois da fecundação, denominado de expansão dos frutos (CANNELL, 1985; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; ARCILA-PULGARÍN et al., 2002). Mesmo com aumento do peso seco, nesta fase há um incremento do teor de umidade que na 16ª semana (120 dias) alcança o máximo (85%), o que explica o intenso processo de divisão celular e a expansão de células dos frutos que tem a capacidade de armazenar água (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994).

A expansão dos frutos é um estágio de muita importância para a produtividade dos cafeeiros, pois, é nesta fase que será definida o tamanho dos grãos ou a peneira (CANNELL, 1985; CAMARGO e CAMARGO, 2001). Os dois lóculos do fruto, que irão conter as sementes, aumentam ao tamanho total, e o endocarpo que envolve os lóculos, lignifica, de modo que o volume máximo dos grãos é determinado (CANNELL, 1985). Portanto, considerando a intensa atividade metabólica, provocando intensa necessidade de água, existente neste período, pode-se dizer que frutos que se expande durante o período chuvoso se tornam maiores, com lóculos maiores, subseqüentemente produzem grãos maiores, do que em épocas secas.

Esta demanda intensa de água, no período de expansão, pode afetar também a duração deste estágio, inclusive com relação à necessidade térmica, se compararem locais e anos com disponibilidades hídricas diferentes. Deficiências hídricas podem antecipar a finalização da expansão dos frutos pela interrupção dos processos fisiológicos, divisões celulares e lignificação do endocarpo, e conseqüentemente, afetar a duração do ciclo fenológico, considerando o período reprodutivo.

Após o período de expansão dos frutos, na 17ª ou 18ª semanas após o florescimento, inicia-se o período de formação das sementes propriamente dita, pois há a formação do endosperma, e dura até as semanas 28ª ou 32ª (CANNELL, 1985; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; ARCILA-PULGARÍN et al., 2002). Uma vez que os grãos estão enchendo os lóculos, tornam-se prioridades para

assimilados e minerais (CANNELL, 1985), formando um forte dreno. Os grãos aumentam rapidamente em peso seco com pequeno aumento em tamanho dos frutos (CANNELL, 1985; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994). Este é o estágio de granação e a ocorrência de deficiências hídricas e temperaturas muito altas pode resultar em chochamento dos frutos, provocando perdas em produtividade e qualidade (CAMARGO e CAMARGO, 2001).

Depois que as sementes ou grãos alcançam a maturidade fisiológica, aproximadamente 200 dias após o florescimento (ARCILA-PULGARÍN et al., 2002) ou em torno da 32ª semana (CANNELL, 1985) depois do florescimento, inicia-se o processo de maturação dos frutos, primeiramente, tornando-se verde amarelo (verde cana) e chegando a maturidade fisiológica ou estágio cereja, aproximadamente 240 dias após o florescimento (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; ARCILA-PULGARÍN et al., 2002). Iaffe et al. (2001) obtiveram para a cultivar Mundo Novo IAC 379/19, 237 dias em média do florescimento a colheita e Pezzopane et al. (2005) obtiveram também para a cultivar “Mundo Novo”, porém, não especificando a linhagem, 221 dias. Morais et al. (2005) obtiveram para a cultivar IAPAR 59, 173 dias.

Portanto, o café arábica apresenta ciclos fenológicos, com fases de florescimento e maturação, ocorrendo em épocas que variam em função das regiões de cultivo. As características de clima influenciam a qualidade do café em função do tempo de desenvolvimento dos frutos, ocorrência de processos fermentativos prolongados e incidência de grãos defeituosos (CORTEZ (1997), apud ORTOLANI et al., 2001).

Em regiões altas e mais frias, independente da cultivar a maturação dos frutos é retardada e em regiões mais quentes é acelerada (JARAMILLO e GUZMÁN, 1984; FAZUOLI, 1994; ORTOLANI et al., 2001), por isso não são indicadas cultivares de maturação tardia a super-tardia em regiões mais frias, pois acarretará muito atraso na maturação, podendo ocorrer processos fermentativos além de aumenta o risco com geadas. Cultivares precoces ou até semi-precoces em regiões mais quentes também não são indicadas, pois, acelerará bastante a maturação podendo provocar maior incidência de grãos defeituosos e frutos mau granados, entre outros problemas.

Segundo Fazuoli (1994) o sistema de cultivo também afeta a maturação dos frutos, que independentemente da cultivar, se cultivada em

espaçamentos mais adensados, os cafeeiros se tornam mais tardios, portanto, para o sistema de café adensado, além de cultivares resistentes à ferrugem, que é favorecida nessas condições, é preciso desenvolver cultivares do tipo super precoce e mais cultivares precoces e semiprecoces.

Apesar dos ganhos, que os diferenciais em maturação dos frutos entre cultivares podem proporcionar, em curto prazo, com o uso da tecnologia de escalonamento de colheita, agrupando as cultivares desenvolvidas por todos os programas de melhoramento genético de café do Brasil, poucas informações regionais são encontradas sobre o comportamento comparativo preciso das cultivares disponibilizadas para o plantio, com relação a essa característica.

O efeito das condições edafo-climáticas na época de maturação dos frutos, pode ser identificado, quando se agrupam informações publicadas, aparentemente discordantes. A cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, classificada como de maturação média a tardia no Estado de São Paulo (FAZUOLI et al., 2002) recebeu diferentes classificações em outras regiões. Sera e Guerreiro (1994) embasados em observações e dados experimentais no IAPAR em Londrina, Paraná, classificam todas as cultivares do germoplasma Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo como maturação tardia. Já em Martins Soares, Minas Gerais, a 'Catuaí Vermelho IAC 81' foi classificada como maturação intermediária a precoce (GARÇON et al., 2001) e em Venda Nova, Espírito Santo, a mesma cultivar foi classificada como média (FERRÃO et al., 2001).

A cultivar IAPAR 59 é registrada como maturação semiprecoce (entre 'Icatú Precoce IAC 3282' e cultivares do "Mundo Novo") avaliada em Londrina, Paraná, mas em Martins Soares foi classificada como precoce (igual a 'Icatú Precoce IAC 3282') (GARÇON et al., 2001) e em Venda Nova, Espírito Santo, foi classificada como maturação média (igual a 'Mundo Novo IAC 376-4') (FERRÃO et al., 2001). Garçon et al. (2001) que classificaram a 'IAPAR 59' como precoce em Minas Gerais, ressaltam que por não ter se adaptado às condições da região, apresentava-se com vigor vegetativo baixo, o que pode ter acelerado a maturação. Outra possível explicação para o baixo vigor vegetativo nesta cultivar, não levantada pelos autores, é o espaçamento utilizado que foi 2,0 m x 1,0 m, já que esta cultivar é indicada para plantios mais adensados entre plantas, mostrando como o sistema de cultivo também pode afetar a época de maturação dos frutos em cafeeiros.

Siqueira et al. (1985) demonstraram que uma das cultivares do “Bourbon Amarelo” e do “Mundo Novo” tiveram aceleração na maturação quando o ano apresentou maior disponibilidade hídrica, e uma das cultivares do “Catuaí Amarelo” apresentou comportamento diferente, ou seja, retardou ligeiramente a maturação com o acréscimo da temperatura. Estes autores também concluem que a disponibilidade hídrica é um fator que influencia decisivamente na maturação dos frutos, podendo acelerar ou retardar o processo, dependendo da fase em que ocorre.

Portanto, para o uso eficiente do conhecimento de precocidade de maturação dos frutos das cultivares, em todas as regiões produtoras de café do Brasil em curto e médio prazo é necessário que todas as Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento de cultivares de café, atuem conjuntamente. Cada região edafo-climática deveria estabelecer o grupo de maturação regional e recomendações sobre quais as melhores cultivares a serem utilizadas na tecnologia de escalonamento de colheita e recomendação regional e topoclimática. Recomendações precisas sobre as cultivares já existentes e para as que devem ser lançadas, serão possíveis, após o estabelecimento de ensaios de competição em locais representativos das principais regiões produtoras de café do Brasil, utilizando cultivares desenvolvidas em todos os estados representando todos os germoplasmas, como ocorre com outras culturas como o milho, trigo e soja.

Apesar da grande quantidade de cultivares já existentes, há algumas lacunas que os programas de melhoramento genético de café precisam preencher para que as tecnologias baseadas em épocas diferentes de colheita fiquem cada vez mais eficientes. O melhoramento genético pode desenvolver cultivares super precoces (maturação dos frutos antes do ‘Icatú Precoce IAC 3282’) e super tardias (mais tardia que ‘Catuaí’ e ‘Obatã’).

Existe variabilidade entre as espécies de café, suficientes para que sejam desenvolvidas cultivares com ampla faixa de épocas de maturação. Segundo Carvalho (1991), o desenvolvimento dos frutos e das sementes leva 210-250 dias em *C. arabica*, 300-350 dias em *C. canephora*, aproximadamente 360 dias em *C. liberica* var. *dewevrei* e 90 dias em *C. racemosa*.

Guerreiro et al. (1990) demonstraram que progênies com genes de *C. racemosa*, mesmo após vários retrocruzamentos com *C. arabica*, mantinha a característica de precocidade de maturação.

Petek et al. (2005) avaliando progênies F_3 derivadas do cruzamento entre plantas do “Piatã” e do “Catuaí” (*C. liberica* var. *dewevrei* x *C. arabica*) x *C. arabica*) mostrou a possibilidade de selecionar progênies mais tardias que cultivares do “Catuaí” pois o parental do “Piatã” (*C. liberica* var. *dewevrei* x *C. arabica*) é super tardio, mas por serem derivadas de um cruzamento interespecífico apresentam grande variabilidade para esta característica pois há também progênies com época de maturação semelhante a ‘IAPAR 59’ que é de maturação semiprecoce.

Silvarolla et al. (1997) avaliaram progênies derivadas do “Híbrido de Timor” e mostraram que na média as progênies do “Catimor” e do “Sarchimor” são mais precoces que linhagens do “Catuaí”, mas também apresentam alguma variabilidade para esta característica, pois algumas progênies apresentaram plantas com maturação desde precoce até tardia.

3. ARTIGO A: EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE CULTIVARES DE *COFFEA ARABICA*.

3.1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as exigências climáticas para os estádios fenológicos de cultivares de *C. arabica* e indicá-las para a utilização na tecnologia de escalonamento da colheita. Foi realizado na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina. Foram avaliados 16 cultivares e cultivares experimentais em intervalos de 15 a 20 dias, durante o período de agosto de 2004 a agosto 2005 (safra 2004/05) e agosto de 2005 a agosto de 2006 (safra 2005/06), segundo uma escala de estádios fenológicos de desenvolvimento dos frutos. O número médio de dias, a somatória térmica em graus-dia, a precipitação acumulada e a temperatura média da florada até o estágio de maturação completa (cereja), foram, respectivamente $226,2 \pm 15,3$ dias, $2781 \pm 143,5$ graus-dia, $1065 \pm 149,2$ mm e $22,49 \pm 0,47$ °C. Foi possível caracterizar de acordo com a exigência térmica, as cultivares Icatu Precoce IAC 3282, Mundo Novo IAC 464-12, IAPAR 59, Rume Sudam IAC1139 e Costa Rica 95 como precoces, as cultivares Catucaí 785-15, Catucaiaçu, Villa Sarchi ICAFÉ, Rubi MG1192 e Ouro Verde IAC H5010-5, como de maturação média e as 'Obatã IAC 1669-20', Sarchimor IAPAR88480-8, Tupi IAC 1669-33, 'Catuaí Vermelho IAC-99', 'Catucaí Vermelho 4-79' e 'Sarchimor E9702 III-1-9' como tardias. Com base em análises de regressão foi possível determinar e quantificar a influência da disponibilidade hídrica para os estádios fenológicos de chumbinho, expansão, verde, verde cana e, conseqüentemente, a duração da florada até o estágio cereja ou maturação completa. A ocorrência de deficiências hídricas acelera a maturação dos frutos, diminuindo as necessidades térmicas para a maturação dos frutos em café arábica e resultando em grãos menos pesados e menores.

Palavras-chave: Café, escalonamento da colheita, exigência climática, graus-dia, desenvolvimento dos frutos.

CLIMATIC REQUIREMENTS FOR FRUIT DEVELOPMENT AND MATURATION OF *Coffea arabica* CULTIVARS.

ABSTRACT

The aims of this research were to determine the thermal requirements in degree-days for sub-phases of fruit development in arabic cultivars and to indicate those cultivars and experimental cultivars for sequence harvesting. This research was carried out at the experimental station of the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), in Londrina, State of Paraná, Brazil. Each plant was evaluated at 15 to 20 days intervals from August 2004 to August 2005 (harvest 2004/05) and from August 2005 to August 2006 (harvest 2005/06), according to a phenological scale of fruit development stadium. The average number of days, the thermal requirements in degree-days, the accumulated precipitation and the average temperature to reach the stadium of complete maturation (cherry) were, respectively, 226.2 ± 15.3 days, 2781 ± 143.5 degree-day, 1065 ± 149.2 mm e 22.49 ± 0.47 °C. It was possible to characterize the genotypes by their thermal needs as follows: the cultivars Icatu Precoce IAC 3282, Mundo Novo IAC 464-12, IAPAR 59, Rume Sudam IAC1139 e Costa Rica 95 as early; the cultivars Catucaí 785-15, Catucaiaçu, Villa Sarchi ICAFÉ, Rubi MG1192 and Ouro Verde IAC H5010-5, as intermediate and 'Obatã IAC 1669-20', Sarchimor IAPAR88480-8, 'Tupi IAC 1669-33', 'Catuaí Vermelho IAC-99', 'Catucaí Vermelho 4-79' e Sarchimor E9702 III-1-9 as late maturation. By using regression analyses it was possible to determine and quantify the influence of water supply in different phenological stages. The occurrence of water deficiencies accelerated maturation, therefore, reduced the thermal necessities for fruit maturation in arabic coffee resulting in less heavy or smaller grain size.

Key words: Coffee, scalonated harvesting, climatic demands, degree-days, fruit development.

3.2. Introdução

Novas tecnologias que visam proporcionar aumento de rentabilidade, através da diminuição de custos e melhorias na produtividade e na qualidade pelo uso adequado de cultivares são sempre valiosas. Tecnologias simples de serem utilizadas e que não implicam em aumento de custos para o cafeicultor, utilizando cultivares com épocas de maturação diferenciadas, são a colheita escalonada e a recomendação regional e local de cultivares (SERA e GUERREIRO, 1994; GARÇON et al., 2001; MATIELO e ALMEIDA, 2001; SERA, et al., 2002; PEREIRA et al., 2002).

As cultivares de café arábica disponíveis no mercado apresentam diferenciais quanto à maturação dos frutos, porém foram classificadas em condições edafo-climáticas inerentes aos locais onde foram selecionadas. Sabe-se que apesar da precocidade de maturação dos frutos ser controlada geneticamente (CARVALHO, et al., 1991), essa característica é bastante influenciada pelas condições edafo-climáticas regionais, microclimáticas e sistemas de cultivo. Comportamentos diferentes entre as cultivares de café, quanto às diferenças edafoclimáticas entre regiões de cultivo e anos diferentes, pode acontecer. Como consequência, os diferenciais esperados em maturação pode não ocorrer.

Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar, que atua na duração do ciclo reprodutivo, é considerada o mais relevante (PEZZOPANE et al., 2003). Portanto, caracterizar as exigências térmicas das cultivares de café arábica, para completar o ciclo fenológico, com o uso do conceito de graus-dia, pode ser uma importante ferramenta na identificação de cultivares com diferentes épocas de maturação.

O conceito de graus-dia se baseia no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionada à temperatura do meio (PEREIRA et al., 2002). A caracterização dos estádios fenológicos através da somatória térmica, pode proporcionar uma uniformização da classificação das cultivares em grupos de maturação, já que existem divergências encontradas na literatura. A cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, por exemplo, classificada e registrada como de maturação média a tardia no estado de São Paulo (FAZUOLI et al., 2002), recebeu outras classificações, como, maturação tardia (SERA e GUERREIRO,

1994), intermediária a precoce (GARÇON et al., 2001) e média (FERRÃO et al., 2001).

O ciclo fenológico do cafeeiro é bastante extenso, conseqüentemente sujeito à significativas diferenças climáticas dentro de uma mesma florada, portanto, é preciso analisar cada estágio fenológico e identificar suas interações com as variáveis climáticas.

Segundo Camargo e Camargo (2001), o ciclo fenológico do cafeeiro arábica pode ser dividido em seis fases distintas durante dois anos. O primeiro ano fenológico, considerado o período vegetativo, é formado por uma fase inicial de vegetação e formação de gemas florais, durante os meses de setembro a março, e outra fase de indução e maturação das gemas florais nos meses de abril a agosto. O período reprodutivo, durante o segundo ano fenológico, inicia-se pelo estágio da florada. Após a queda das flores, um período de aparente dormência, mas com intensa atividade celular, denominada chumbinho, tem duração de 6 a 8 semanas (CANNELL, 1985; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994). O estágio de expansão dos frutos, caracterizado por rápido aumento em volume e peso seco, com alta demanda hídrica, formará o tamanho da semente e tem duração até a 16ª ou 17ª semanas após a florada. Aproximadamente 200 dias após o florescimento (Arcila-Pulgarín et al., 2002) ou em torno da 32ª semana (CANNELL, 1985), inicia-se o processo de maturação dos frutos, primeiramente, tornando-se verde amarelo (verde cana) e chegando a maturidade fisiológica ou estágio cereja, em torno de 240 dias depois do florescimento (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; ARCILA-PULGARÍN et al., 2002).

Considerando, então, os ganhos que o escalonamento de colheita pode proporcionar para a propriedade cafeeira, os objetivos desta pesquisa foram caracterizar as exigências climáticas para os estádios fenológicos de cultivares de *C. arabica*, classificá-las por grupo de precocidade de maturação e indicá-las para a utilização nas tecnologias de escalonamento da colheita e recomendação regional e local topoclimática de cultivares.

3.3. Material e Métodos

Esta pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Londrina, do Instituto Agrônomo do Paraná, em condições de campo, num solo do tipo

Latossolo Vermelho distroférico, com temperatura média anual de 20,8°C, altitude de 585 metros, latitude 23°22' Sul e longitude 51°10' Oeste. Os genótipos utilizados estão descritos na Tabela 1 e estão instaladas no campo em blocos, contendo de 15 a 30 plantas.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 15 a 20 dias, durante o período de agosto de 2004 a agosto 2005 (safra 2004/05) e de agosto de 2005 a agosto de 2006 (safra 2005/06), segundo a escala fenológica proposta por Pezzopane et al. (2003), sendo: 0 = gema dormente; 1 = gema entumescida; 2 = abotoado; 3 = florada; 4 = pós-florada; 5 = chumbinho; 6 = expansão dos frutos; 7 = verde; 8 = verde cana; 9 = cereja; 10 = passa; 11 = seco. Em cada avaliação foram atribuídas 3 notas da escala fenológica para cada planta de cada bloco, abrangendo o estágio fenológico das 3 principais floradas. O estágio fenológico considerado para cada genótipo, em cada florada, foi a nota com maior repetitividade (moda) em cada avaliação. Os dados de temperatura utilizados para os cálculos de graus-dia e os dados de precipitação, foram obtidos no SIMEPAR (www.simepar.br). Foram determinadas as datas de início e fim de cada estágio em cada florada e de cada genótipo. As variáveis consideradas neste estudo foram:

- número de dias necessários para os estádios de chumbinho (D/C), expansão (D/E), verde (D/V), verde cana (D/VC) e da florada até o estágio de cereja (D/F-CE);
- somatória térmica em graus-dia para os estádios de chumbinho (GD/C), expansão (GD/E), verde (GD/V), verde cana (GD/VC) e da florada até o estágio de cereja (GD/F-CE);
- temperatura média durante os estádios de chumbinho (T/C), expansão (T/E), verde (T/V), verde cana (T/VC) e da florada até o estágio de cereja (T/F-CE);
- precipitação acumulada para os estádios de chumbinho (P/C), expansão (P/E), verde (P/V), verde cana (P/VC) e da florada até o estágio de cereja (P/F-CE).

O cálculo da soma térmica em graus-dia (GD) e o valor diário (Gdi) foi obtido, conforme citado por Pezzopane et al. (2004), pelas relações:

$GDi = Tmed_i - Tb$ onde: $Tmed$ é a temperatura média do ar no dia i e Tb é a temperatura-base, considerada 10,5° C;

$GDA = \sum_{i=1}^n GDi$ onde: GDA é a soma térmica em graus-dia durante um período.

O vigor vegetativo (V) de cada planta do ensaio foi avaliado, segundo uma escala de 1 a 10, sendo: 1 = planta amarela com abundante seca de ramos e 10 = planta verde escura com abundante ramificação.

O potencial de produção (P) de cada planta foi avaliado visualmente em litros de fruto cereja/planta, levando em consideração o tamanho dos grãos, número de frutos/ roseta e quantidade de rosetas frutificadas. A produção em litros de fruto cereja/planta (litros/planta) foi transformada para produtividade/ha (P) com base em número de plantas/ha (pl/ha), segundo a expressão: $P = (\text{litros/planta} \times \text{pl/ha}) / 500$ (500 é um valor médio em litros de café da roça equivalente a uma saca de café beneficiado).

Para comparar as variáveis obtidas entre os genótipos foram realizadas análises de variância das variáveis obtidas e testes de médias de Scott e Knott, em que cada florada foi considerada como uma repetição. Foram consideradas 3 floradas da safra 2004/2005 e duas de 2005/2006. A 3ª florada da safra 2005/2006 não foi considerada, pois foi bastante pequena e a ocorrência de outras floradas um pouco depois (dezembro de 2005 e janeiro de 2006) impossibilitaram sua distinção. As datas das floradas foram: 26/09/2004, 21/10/2004, 24/11/2004, 04/09/2005 e 25/09/2005. Para as características vigor vegetativo e produtividade foram analisadas através da análise de variância considerando cada ano como uma repetição.

Foram realizadas análises de regressão simples considerando cada florada de cada cultivar como uma repetição. As variáveis graus-dia em cada estágio e do período da florada até o cereja foram consideradas como dependentes e a variável precipitação acumulada nos mesmos períodos foram consideradas variáveis explicativas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico Genes (CRUZ, 2001; CRUZ, 2006).

3.4. Resultados e Discussão

As cultivares utilizadas neste estudo forma boa representatividade do material genético comercial, na cafeicultura Brasileira, bem como, dos países produtores de café da América Central. Apresentaram número de dias médio (D/F-CE \pm DP (desvio padrão)), somatória térmica em graus-dia (GD/F-CE \pm DP (desvio padrão)), precipitação acumulada (P/F-CE \pm DP (desvio padrão)) e temperatura média em °C (T/F-CE \pm DP (desvio padrão)), da florada até o estágio de maturação completa (cereja), respectivamente $226,2 \pm 15,3$ dias, $2781 \pm 143,5$ graus-dia, $1065 \pm 149,2$ mm e $22,49 \pm 0,47$ °C (Tabela 1). O número de dias médio obtido em uma variação de 205,0 a 243,6 está de acordo com o estabelecido por Carvalho et al. (1991) para a espécie *C. arabica*, número de dias da florada a maturação dos frutos variando de 210 a 250, o que forneceria uma média de 230. A produtividade média das cultiures foi de 25,99 sc/ha e o vigor vegetativo médio foi de 7,56, sem a diferença significativa entre eles, pela análise de variância, portanto, essas duas variáveis não influenciaram na duração do período fenológico da florada á maturação.

A cultivar mais precoce foi a 'Icatu Precoce IAC 3282' com 205 dias e soma térmica de 2587 graus-dia da florada até o estágio de cereja. Porém, não foi detectada diferença significativa entre esta cultivar e 'Mundo Novo IAC 464-12', 'IAPAR 59', 'Rume Sudam IAC1139' e 'Costa Rica 95' para graus-dia (Tabela 1).

Aguiar et al. (2004) indicaram várias linhagens de "Mundo Novo" como maturação média, porém, não avaliaram a 'Mundo Novo IAC 464-12' que pode ser um pouco mais precoce. Iaffe, et al. (2001) obtiveram para a cultivar Mundo Novo IAC 379/19, 237 dias em média do florescimento a colheita, gerando uma soma térmica de 2642 graus-dia. Pezzopane et al. (2005) obtiveram também para uma das cultivares do "Mundo Novo", não especificando a linhagem, 221 dias e 2761 graus-dia do florescimento à maturação. Nesta pesquisa foi obtido para a 'Mundo Novo IAC 464-12', 207,4 dias do florescimento ao estágio de cereja, com soma térmica de 2622 graus-dia, indicando que esta é uma cultivar do "Mundo Novo" de maturação mais precoce que as outras do mesmo germoplasma, nas condições do local do experimento.

Morais et al. (2005) obtiveram para a cultivar IAPAR 59, 173 dias e 2302 graus-dia, diferente dos resultados obtidos nesta pesquisa com a mesma

cultivar, que foi 210,6 dias e 2650 graus-dia, possivelmente relacionados a outros fatores meteorológicos e de cultivo. Os autores discutiram no trabalho que a maturação foi acelerada devido à deficiência hídrica, excesso de temperatura e ocorrência de cercosporiose, esta última, indicativo de cafeeiros mal nutridos e, por isso de menor vigor vegetativo, indicando que estas variáveis, quando não homogêneas, podem levar a classificações errôneas de cultivares, com relação à maturação dos frutos em café arábica.

A soma térmica em graus-dia para a cultivar Obatã IAC 1669-20, a mais tardia, foi 2935 em 243,6 dias, o que significa uma necessidade térmica de 428,1 graus-dia maior para alcançar o estágio cereja, comparando com a 'Icatu Precoce IAC 3282'. As cultivares Sarchimor IAPAR88480-8, 'Tupi IAC 1669-33', 'Catuaí Vermelho IAC-99', 'Catucaí vermelho 4-79 4-79' e a cultivar experimental E9702 III-1-9 ("Sarchimor") não diferiram estatisticamente da 'Obatã IAC 1669-20', portanto, formam o grupo das cultivares mais tardias, variando de 2845 a 2935 graus-dia (Tabela 1). Estes resultados discordam de Aguiar et al. (2004) que indicaram a 'Tupi IAC 1669-33' como precoce, igual a 'Icatu Precoce IAC 3282'.

Tabela 1. Comparação entre médias para número de dias (D/F-CE), graus-dia (GD/F-CE), precipitação (P/F-CE) e temperatura (T/F-CE) da florada ao estágio de cereja de 16 cultivares de café arábica, em Londrina, PR.

Cultivares	D/F-CE ¹	GD/F-CE ¹	P/F-CE ¹	T/F-CE ¹
Icatu Precoce IAC 3282	205,0 a	2587 a	1005 a	23,18 a
Mundo Novo IAC464-12	207,4 a	2622 a	994 a	23,21 a
IAPAR 59	210,6 a	2650 a	1014 a	22,99 a
Rume Sudam IAC1139	216,6 a	2707 a	1054 b	22,77 b
Costa Rica 95 T-8667	216,6 a	2707 a	1054 b	22,72 b
Catucaí 785-15	223,6 b	2762 b	1056 b	22,55 c
Catucaiaçu	227,0 b	2779 b	1061 b	22,63 b
Villa Sarchi ICAFÉ	227,6 b	2787 b	1049 b	22,17 c
Rubi MG1192	227,6 b	2794 b	1078 b	22,19 c
Ouro Verde IAC H5010-5	229,0 b	2804 b	1065 b	22,35 c
SarchimorIAPAR88480-8	232,8 b	2845 c	1101 b	22,16 c
Tupi IAC 1669-33	234,2 b	2859 c	1104 b	22,10 c
Catuaí Vermelho IAC- 99	237,6 b	2874 c	1080 b	22,31 c
Catucaí Vermelho 4-79	239,8 b	2886 c	1082 b	22,22 c
Sarchimor E9702 III-1-9	239,8 b	2893 c	1082 b	22,32 c
Obatã IAC 1669-20	243,6 b	2935 c	1151 b	22,08 c
Média ± DP ²	226,2 ± 15,3	2781 ± 143,5	1064 ± 149,2	22,49 ± 0,47
Máximo	276,0	3146,3	1319,1	23,58
Mínimo	182,0	2348,1	643,6	20,64
CV _e (%)	4,99	3,39	4,99	1,66

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo método de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

(F_i = média das cultivares na florada i ; f = número de floradas) ² DP = desvio padrão.

$$\text{média} = \frac{\sum_{i=1}^f F_i}{f}$$

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram a possibilidade de separar um grupo intermediário de necessidade térmica do florescimento à cereja. As cultivares Catucaí 785-15, Catucaiaçu, Villa Sarchi ICAFÉ, Rubi MG1192 e Ouro Verde IAC H5010-5 apresentaram necessidade térmica em graus-dia variando de 2762 a 2804, formadoras, portanto, do grupo de maturação média (Tabela 1).

O número de dias da florada ao estágio de cereja (D-F-CE) separou as mesmas cultivares formadoras do grupo precoce do que quando utilizado o conceito de graus-dia. Porém, aquelas cultivares separados, de acordo com a necessidade térmica, em médio e tardio, foram classificados no mesmo grupo de maturação de acordo com o número de dias (Tabela 1), indicando a eficiência do conceito de graus-dia em caracterizar a maturação de cultivares de café.

Com relação à precipitação acumulada e a temperatura média do florescimento à cereja, as cultivares Icatu Precoce IAC 3282, Mundo Novo IAC 464-12, IAPAR 59 apresentaram valores significativamente superiores das demais e não diferentes entre si (Tabela 1). Isto deve ter ocorrido devido a essas cultivares serem as mais precoces e, conseqüentemente, acumularam menos precipitação, devido ao número de dias inferior. Já, com relação às temperaturas menores, a chegada ao estágio cereja, antes dos meses mais frios pode ser a explicação.

Tabela 2. Resumos das análises de regressão e estimativas de intercepto, inclinação da reta e coeficiente de determinação (R^2) entre graus-dia (GD) como variável dependente e a precipitação acumulada (P) como variável independente, durante os estádios de chumbinho (C), expansão (E), verdes (V), verde cana (VC) e da florada até o estágio de cereja (F-CE).

	Desvio		Regressão		Estimativas		
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	Interc.	Inclin.	R^2 (%)
F-CE		863693,53		17454,55 **	1997,17	0,7362	38,81
C		11758,86		7118730,96 **	-138,82	2,2385	88,59
E	78	38872,71	1	4351978,44 **	434,76	1,3870	58,94
V		33350,51		3181916,51 **	501,88	1,4034	55,02
VC		5821,06		164306,45 **	159,34	0,9501	26,57

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Os Desvios Padrões (DP) estimados e os valores máximos e mínimos para graus-dia da florada até o estágio de cereja indicam a existência de variação entre as floradas, mesmo depois de considerar o efeito da temperatura,

através do conceito de graus-dia (GD/F-CE), indicando que existe outra fonte de variação, além da temperatura que está influenciando na duração do ciclo fenológico das cultivares. Devemos, então, nos atentar ao fato de que o conceito de graus-dia leva em conta somente o fator térmico, não considerando o efeito de outras variáveis ambientais sobre o crescimento vegetal (PEREIRA et al., 2002).

A variação existente entre floradas, representada pelos Desvios Padrões (Tabela 1), para graus-dia e precipitação acumulada da florada até a maturação completa (estádio cereja), fornece a possibilidade de analisar a influência das variáveis climáticas na duração deste período.

A análise da regressão entre a somatória térmica em graus-dia (GD/F-CE) e precipitação acumulada (P/F-CE), no período da florada até o estágio de cereja, apresentou significância ($P \leq 0,01$) pelo teste F (Tabela 2). A estimativa da inclinação da regressão foi 0,7362 e o coeficiente de determinação foi 38,81% (Tabela 2), ou seja, a variação existente em precipitação acumulada, explica 38,81% da variação existente em graus-dia. O sinal positivo da inclinação indica que a diminuição da precipitação acumulada, ou, a ocorrência de deficiência hídrica diminui a necessidade térmica em graus-dia da florada ao estágio cereja, ou seja, acelera a maturação dos frutos. A estimativa do intercepto, que foi 1997,2, juntamente com a estimativa de inclinação da regressão (Tabela 2), significa uma necessidade de 73,62 graus-dia menor a cada 100 mm a menos de precipitação. É uma relação linear, dentro dos valores máximos (1319,1 mm) e mínimos (643,6 mm) obtidos neste estudo, podendo existir respostas diferenciadas com precipitações acumuladas além destes limites.

Portanto, dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar, que atua na duração do ciclo reprodutivo, é considerada o mais relevante (PEZZOPANE et al., 2003), influenciando nos processos fisiológicos das plantas, interferindo em cada subperíodo de seu ciclo (BRUNINI et al. 1976). Porém, não se deve considerar o conceito de graus-dia isoladamente, é preciso analisá-lo em conjunto com a disponibilidade hídrica. Segundo Siqueira et al., (1985) a deficiência hídrica é a outra variável climática que pode influenciar decisivamente na duração dos estágios fenológicos do café.

Segundo Jaramillo e Guzmán (1984) outro fator, além da temperatura, influência no crescimento e o diâmetro dos frutos da cultivar Caturra, pois obtiveram somatórias térmicas diferentes entre floradas diferentes. Salazar-Gutiérrez et al.

(1994), relacionaram o acúmulo de graus-dia, a quantidade de luz solar e a evapotranspiração com a taxa de acúmulo de matéria seca, nos frutos da cultivar Colômbia e indicaram a somatória térmica como a variável que menos influenciou, durante o ciclo reprodutivo, provavelmente porquê a deficiência hídrica na Colômbia é difícil de ocorrer.

A quantificação da influência da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica, na maturação dos frutos é de extrema importância para o entendimento das relações clima-planta, bem como, a indicação regional precisa de cultivares, baseada em precocidade de maturação dos frutos. A caracterização de cultivares de café em graus-dia, considerando sempre a disponibilidade hídrica no período, poderá proporcionar uma uniformização das classificações quanto à maturação dos frutos em café arábica e evitaria classificações divergentes, como a que ocorre com a cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, que recebeu diferentes classificações em diferentes regiões (SERA e GUERREIRO, 1994; GARÇON et al., 2001; FERRÃO et al., 2001; FAZUOLI et al., 2002;).

O desenvolvimento fenológico do cafeeiro, da florada até a maturação plena (estádio cereja) é formado por quatro estádios fenológicos, a saber: chumbinho, expansão dos frutos, verde e verde cana (CAMARGO e CAMARGO 2001; PEZZOPANE et al., 2003). É importante analisar em cada estágio quais as influências das variáveis climáticas e quais estádios são responsáveis pelos diferenciais em maturação entre as cultivares apresentados na Tabela 1.

O conhecimento dos estádios fenológicos do cafeeiro e suas interações com variáveis climáticas, é de fundamental para organizar as práticas de manejo como a aplicação fertilizantes, controle de pragas, doenças e planta daninhas, bem como o uso eficiente da tecnologia de escalonamento da colheita (ARCILA-PULGARÍN et al., 2002).

Foram obtidos para o estágio de chumbinho das cultivares caracterizados, número de dias médio de $68,97 \pm 27,5$, o que significou uma soma térmica de $828,3 \pm 346,8$ graus-dia, com uma precipitação acumulada de $432,1 \pm 146,0$ mm (Tabela 4) e temperatura média no período de $22,27 \pm 0,99$. As cultivares Icatu Precoce IAC 3282, Mundo Novo IAC 464-12, IAPAR 59 e Catucaí 785-15 apresentaram exigência térmica e número de dias, significativamente inferiores das demais, com relação ao estágio de chumbinho (Tabela 3). Estas cultivares, menos a 'Catucaí 785-15', foram as que apresentaram menores exigências térmicas para

alcançar o estágio de cereja, ou seja, foram as mais precoces. Isto demonstra, juntamente com o coeficiente de correlação significativo e positivo entre a necessidade térmica para o estágio de chumbinho (GD/C) e do período da florada ao estágio cereja (GD/F-CE) (Tabela 7), a influência deste estágio fenológico na duração do ciclo fenológico reprodutivo ou do período florada-cereja.

Tabela 3. Comparação entre médias para número de dias (D/C), graus-dia (GD/C), precipitação (P/C) e temperatura (T/C) durante o estágio de chumbinho em 16 cultivares de café arábica.

Cultivares	D/C ¹	GD/C ¹	P/C ¹	T/C ¹
Icatu Precoce IAC 3282	63,6 a	759,1 a	390,8 a	22,24 a
Mundo Novo IAC464-12	62,0 a	737,2 a	386,6 a	22,20 a
IAPAR 59	63,6 a	759,1 a	390,8 a	22,24 a
Rume Sudam IAC1139	69,2 b	829,9 b	438,9 b	22,25 a
Costa Rica 95 T-8667	69,2 b	829,9 b	438,9 b	22,25 a
Catucaí 785-15	65,4 a	778,9 a	419,3 b	22,18 a
Catuaiaçu	69,2 b	829,9 b	438,9 b	22,25 a
Villa Sarchi ICAFÉ	71,8 b	869,3 b	439,7 b	22,31 a
Rubi MG1192	72,0 b	861,4 b	454,5 b	22,27 a
Ouro Verde IAC H5010-5	69,2 b	829,9 b	438,9 b	22,25 a
SarchimorIAPAR88480-8	71,8 b	869,3 b	439,7 b	22,31 a
Tupi IAC 1669-33	71,8 b	869,3 b	439,7 b	22,31 a
Catuaí Vermelho IAC- 99	71,8 b	869,3 b	439,7 b	22,31 a
Catuaí Vermelho 4-79	69,2 b	829,9 b	438,9 b	22,25 a
Sarchimor E9702 III-1-9	69,2 b	829,9 b	438,9 b	22,25 a
Obatã IAC 1669-20	74,6 b	900,7 b	478,7 b	22,41 a
Média ± DP ²	68,97 ± 27,5	828,3 ± 346,8	432,1 ± 146,0	22,27 ± 0,99
Máximo	121,0	1523,2	626,4	23,26
Mínimo	35,0	414,2	215,6	21,11
CV _e (%)	8,12	8,94	8,02	0,46

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo método de Scott e Knott a 5 % de probabilidade.

(F=média das cultivares na florada i; f=número de floradas)² DP = desvio padrão.

$$média = \frac{\sum F_i}{f}$$

Os Desvios Padrões (DP) estimados e os valores máximos e mínimos para graus-dia e precipitação acumulada durante o estágio de chumbinho (Tabela 3), demonstram a existência de alta variabilidade para estas duas variáveis entre as floradas. A partir desta variabilidade existente foram realizadas as análises de regressão entre a soma térmica em graus-dia (GD/C) e a precipitação (P/C) acumulada durante o período (Tabela 2). As análises de desvios das regressões apresentaram significância ($P \leq 0,01$) (Tabela 2), demonstrando existir alta influência da disponibilidade hídrica para completar o estágio de chumbinho. As estimativas da inclinação da regressão, intercepto e coeficientes de determinação foram, respectivamente, 2,24, -138,82 e 88,59% (Tabela 2). As inclinações com sinais

positivos indicam que a diminuição da precipitação acumulada, ou a ocorrência de deficiência hídrica diminui a necessidade térmica em graus-dia para completar o estágio de chumbinho, ou seja, inicia mais rapidamente o estágio de expansão. As estimativas do intercepto e da inclinação da reta da regressão estimam que a cada 100 mm a mais de precipitação, ocorre um acréscimo de necessidade de soma térmica de 224 graus-dia. O coeficiente de determinação indica que 88 % da variação existente entre as floradas, com relação a graus-dia, são explicadas pela variação em disponibilidade hídrica.

Durante o estágio de chumbinho acontece o início da formação de importantes tecidos, após a fecundação, como o crescimento do perisperma, os integumentos e o início da formação do embrião, que irá se desenvolver em endosperma, bem como, paredes celulares do futuro pericarpo (DE-CASTRO e MARRACCINI, 2006). Portanto, uma aceleração acentuada durante este estágio, devido a ocorrência de deficiência hídrica, pode afetar a formação correta das sementes, com conseqüências em produtividade e problemas de germinação.

O segundo estágio fenológico após a florada é a expansão dos frutos e não foi possível detectar diferenças significativas entre as cultivares para número de dias, graus-dia, precipitação acumulada e temperatura média no período (Tabela 4). O número de dias médio para completar o estágio de expansão foi de $67,2 \pm 25,3$, proporcionando uma soma térmica de $890,6 \pm 332,3$ graus-dia, uma precipitação acumulada de $328,65 \pm 173,6$ mm e temperatura média de $24,00 \pm 0,60$ (Tabela 4). Mesmo não sendo detectada, diferença significativa entre as cultivares para a duração do estágio de expansão, obteve-se coeficiente de correlação fenotípica significativo entre a soma térmica para este estágio (GD/E) e para completar a maturação plena (GD/F-CE) (Tabela 7), portanto, o estágio de expansão dos frutos influencia na duração do período florada-cereja.

Analisando os altos valores de desvios padrões e os valores máximos e mínimos, identifica-se a existência de alta variabilidade para estas variáveis entre as floradas consideradas (Tabela 4). Com a utilização do conceito de graus-dia, pressupõe-se que o número de dias é corrigido de acordo com as variações da temperatura e realizando-se a análise de regressão entre graus-dia e precipitação, referente ao estágio de expansão, estará sendo considerado as principais variáveis climáticas envolvidas na duração de estágios fenológicos de plantas, a temperatura do ar e a disponibilidade hídrica. Foi obtida significância

($P \leq 0,01$) para a análise de regressão entre os graus-dia (GD/E) e a precipitação acumulada (P/E) (Tabela 2), portanto a disponibilidade hídrica tem grande influência na duração deste estágio. As estimativas do intercepto e da inclinação da reta da regressão foram, respectivamente, 434,8 e 1,39 (Tabela 2), ou seja, cada 100 mm a menos de precipitação ocorrem aceleração da duração desta fase em 139 graus-dia em média.

Tabela 4. Comparação entre médias para número de dias (D/E), graus-dia (GD/E), precipitação (P/E) e temperatura (T/E) durante o estágio de expansão em 16 cultivares de café arábica.

Cultivares	D/E ¹	GD/E ¹	P/E ¹	T/E ¹
Icatu Precoce IAC 3282	64,6 a	852,9 a	305,8 a	23,90 a
Mundo Novo IAC464-12	63,2 a	838,8 a	271,7 a	24,03 a
IAPAR 59	64,6 a	852,9 a	305,8 a	23,89 a
Rume Sudam IAC1139	64,4 a	860,1 a	302,0 a	24,25 a
Costa Rica 95 T-8667	67,4 a	896,1 a	338,0 a	24,06 a
Catucaí 785-15	68,2 a	911,1 a	321,6 a	24,18 a
Catucaiaçu	64,8 a	856,8 a	337,1 a	23,97 a
Villa Sarchi ICAFÉ	69,0 a	913,3 a	324,9 a	23,79 a
Rubi MG1192	74,4 a	977,9 a	367,4 a	23,87 a
Ouro Verde IAC H5010-5	61,8 a	820,8 a	301,2 a	24,16 a
SarchimorIAPAR88480-8	64,6 a	850,4 a	342,8 a	23,90 a
Tupi IAC 1669-33	64,8 a	856,8 a	337,1 a	23,95 a
Catuai Vermelho IAC- 99	74,8 a	994,1 a	361,7 a	24,02 a
Catucaí Vermelho 4-79	74,2 a	987,9 a	343,7 a	23,99 a
Sarchimor E9702 III-1-9	67,2 a	889,7 a	353,9 a	24,08 a
Obatã IAC 1669-20	67,2 a	889,7 a	343,7 a	24,00 a
Média ± DP ²	67,2 ± 25,3	890,6 ± 332,3	328,6 ± 173,6	24,00 ± 0,60
Máximo	118,0	1567,7	627,8	24,97
Mínimo	34,0	462,4	78,5	23,10
CV _e (%)	14,03	14,22	20,95	1,01

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo método de Scott e Knott a 5 % de probabilidade. $média = \frac{\sum F_i}{f}$
 (F_i =média das cultivares na florada i ; f =número de floradas) ² DP = desvio padrão.

Durante o estágio de expansão dos frutos ocorre intensa atividade metabólica, onde o fruto apresenta rápido aumento em volume e matéria seca e é o período que definirá o tamanho dos grãos ou das sementes, pois, ocorrerá a lignificação do endocarpo definindo o volume máximo que a semente ou grão poderá alcançar (CANNELL, 1985; CAMARGO e CAMARGO, 2001). Portanto, como os cafés sofrem grande influência da precipitação neste período e a ocorrência de deficiências hídricas pode resultar na ocorrência de cafés com peso e tamanho dos grãos menores, com conseqüências em qualidade e produtividade (CAMARGO e CAMARGO, 2001).

O estágio de verde apresentou variabilidade com a obtenção de diferença significativa entre as cultivares (Tabela 5). O número de dias médio para este estágio foi $67,1 \pm 18,79$, o que gerou uma somatória térmica de $842,9 \pm 279,43$ graus-dia, uma precipitação acumulada no período de $243,0 \pm 154,13$ mm e $22,99 \pm 1,35$ de temperatura. Foi possível separar as cultivares em dois grupos, de acordo com as necessidades térmicas para completar este estágio (Tabela 5). Esta fase é de grande relevância para a produtividade dos cafeeiros, pois, a granação dos frutos ou a formação dos endospermas torna-se um forte dreno para assimilados e nutrientes (CANNELL, 1985; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; ARCILA-PULGARÍN et al., 2002). O conhecimento das diferenças entre as cultivares, para completar a granação dos frutos, pode auxiliar na realização de tratamentos culturais em períodos corretos, principalmente adubação, bastante exigida neste período.

Tabela 5. Comparação entre médias para número de dias (D/V), graus-dia (GD/V), precipitação (P/V) e temperatura (T/V) durante o estágio de verde em 16 cultivares de café arábica.

Cultivares	D/V ¹	GD/V ¹	P/V ¹	T/V ¹
Icatu Precoce IAC 3282	51,8 a	687,4 a	231,3 a	23,90 a
Mundo Novo IAC464-12	58,4 a	767,2 a	270,9 a	23,59 a
IAPAR 59	59,6 a	768,8 a	260,6 a	23,40 a
Rume Sudam IAC1139	64,4 a	824,4 a	262,6 a	23,35 a
Costa Rica 95 T-8667	61,4 a	788,4 a	226,6 a	23,38 a
Catucaí 785-15	67,2 a	853,6 a	276,9 a	23,24 a
Catucaiaçu	63,4 a	778,2 a	211,1 a	23,06 a
Villa Sarchi ICAFÉ	59,4 a	854,4 a	232,0 a	22,43 b
Rubi MG1192	66,6 a	826,0 a	213,2 a	22,37 b
Ouro Verde IAC H5010-5	72,6 b	927,4 b	263,5 a	23,31 a
SarchimorIAPAR88480-8	74,2 b	930,7 b	238,9 a	23,17 a
Tupi IAC 1669-33	78,6 b	965,9 b	257,5 a	22,95 a
Catuai Vermelho IAC- 99	67,0 a	780,8 a	211,1 a	22,23 b
Catucaí Vermelho 4-79	70,2 b	826,3 a	240,5 a	22,70 b
Sarchimor E9702 III-1-9	76,0 b	921,4 b	222,1 a	22,41 b
Obatã IAC 1669-20	82,8 b	986,2 b	266,8 a	22,42 b
Média \pm DP ²	67,1 \pm 18,79	842,9 \pm 279,43	243,0 \pm 154,13	22,99 \pm 1,35
Máximo	110,0	1466,0	530,4	25,00
Mínimo	28,0	274,6	8,1	18,20
CV _e (%)	16,33	16,06	31,84	3,91

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo método de Scott e Knott a 5 % de probabilidade. $média = \frac{\sum F_i}{f}$
 (F_i =média das cultivares na florada i ; f =número de floradas) ² DP = desvio padrão.

A classificação das cultivares neste estágio fenológico (Tabela 5) foi bastante concordante com a necessidade térmica para completar a maturação plena (estádio cereja) (Tabela 1). A influência do período de granação dos frutos no ciclo

fenológico do cafeeiro foi comprovado pela obtenção de estimativa do coeficiente de correlação positivo e significativo entre a necessidade térmica para completar o estágio de verde e para alcançar o estágio de cereja (Tabela 7).

Para a variável precipitação acumulada (P/GV) durante o estágio de verde não foi detectada diferença significativa entre as cultivares, portanto, as cultivares foram separadas com relação aos graus-dia necessários, mesmo com precipitações acumuladas semelhantes (Tabela 5). Existem indicações de que a ocorrência de deficiências hídricas durante este estágio, pode acelerar a passagem para o estágio seguinte, e conseqüentemente resultar em presença maior de porcentagem de grãos chochos ou frutos de lojas vazias (Camargo e Camargo, 2001).

Tabela 6. Comparação entre médias para número de dias (D/VC), graus-dia (GD/VC), precipitação (P/VC) e temperatura (T/VC) durante o estágio de verde-cana em 16 cultivares de café arábica.

Cultivares	D/VC ¹	GD/VC ¹	P/VC ¹	T/VC ¹
Icatu Precoce IAC 3282	21,6 a	245,5 a	76,62 a	22,68 a
Mundo Novo IAC464-12	20,4 a	236,9 a	64,52 a	23,00 a
IAPAR 59	19,4 a	227,8 a	56,52 a	22,42 a
Rume Sudam IAC1139	18,6 a	192,8 a	50,92 a	21,21 b
Costa Rica 95 T-8667	18,6 a	192,8 a	50,92 a	21,21 b
Catucuai 785-15	22,8 a	218,5 a	38,16 a	20,60 c
Catucuaçu	29,6 a	314,3 a	73,88 a	21,25 b
Villa Sarchi ICAFÉ	20,0 a	150,3 a	52,38 a	20,16 c
Rubi MG1192	17,4 a	160,7 a	42,76 a	20,24 c
Ouro Verde IAC H5010-5	25,4 a	225,5 a	61,56 a	19,68 c
SarchimorIAPAR88480-8	22,2 a	194,6 a	79,22 a	19,27 c
Tupi IAC 1669-33	19,0 a	166,9 a	69,86 a	19,20 c
Catuaí Vermelho IAC- 99	24,0 a	229,6 a	65,26 a	20,65 c
Catucuai vermelho 4-79	26,2 a	273,2 a	58,82 a	19,95 c
Sarchimor E9702 III-1-9	27,4 a	252,4 a	66,98 a	20,55 c
Obatã IAC 1669-20	21,8 a	189,5 a	61,56 a	19,52 c
Média ± DP ²	22,1 ± 7,7	216,9 ± 79,1	60,7 ± 49,9	20,72 ± 1,84
Máximo	43,0	459,3	179,5	25,20
Mínimo	12,0	118,6	0	16,50
CV _e (%)	34,66	35,93	67,86	5,81

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo método de Scott e Knott a 5 % de probabilidade. $média = \frac{\sum F_i}{f}$
 (F=média das cultivares na florada i; f=número de floradas)² DP = desvio padrão.

Através das análises de regressões entre graus-dia (GD/V) necessários e precipitação acumulada (P/GV) durante a fase de verde, foi possível determinar a influência da disponibilidade hídrica na exigência térmica para este estágio fenológico do café, pois, obteve-se significância ($P \leq 0,01$) pelo teste F

(Tabela 2). As estimativas da inclinação da regressão e do coeficiente de determinação foram 1,40 e 55,02 %, respectivamente (Tabela 2). A inclinação com sinal positivo indica que a diminuição da disponibilidade hídrica diminui a necessidade térmica em graus-dia para completar o estágio de verde. A ocorrência de deficiências severas poderá acelerar demais este estágio e resultar em formação de frutos de lojas vazias, pois não terá ocorrido a formação e enchimento completo do endosperma. O intercepto e a inclinação da reta de regressão obtida entre graus-dia e a precipitação acumulada, para o estágio de verde (Tabela 2), determinam uma necessidade de 140 graus-dia menor a cada 100 mm a menos de precipitação.

O estágio de verde cana é mais curto que os demais e indica o início da maturação dos frutos. Não há relatos que variáveis climáticas afetam este estágio e esteja relacionado a algum problema de qualidade de grãos ou de bebida, porém é uma fase de transição do grão verde para o estágio cereja, que pode ser abreviada e retardada, dependendo das condições climáticas, o que afeta então o início da colheita. Foram obtidos para este estágio, $22,15 \pm 7,7$ dias, $216,9 \pm 79,1$ graus-dia, precipitação acumulada de $60,7 \pm 49,9$ mm e temperatura média de $20,72 \pm 1,84$ (Tabela 6).

Não foi possível detectar diferença significativa entre as cultivares para as variáveis consideradas, exceto para temperatura média durante o estágio de verde cana (Tabela 6). Esta variação entre as cultivares para a variável temperatura pode ser explicada pelo estágio, em cada cultivar, ter ocorrido em épocas diferentes do ano, já que as cultivares mais tardias, apresentaram temperaturas menores que as mais precoces (Tabela 6).

Tabela 7. Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre graus-dia para os estádios de chumbinho (GD/C), expansão (GD/E), grão verde (GD/V), verde cana (GD/VC) e da florada até o estágio de cereja (D/F-CE);

	GD/F-CE	GD/C	GD/E	GD/V	GD/VC
GD/F-CE	--				
GD/C	0,8189 **	--			
GD/E	0,4333 *	0,3608 ^{ns}	--		
GD/V	0,7595 **	0,6556 **	-0,1151 ^{ns}	--	
GD/VC	-0,0934 ^{ns}	-0,4382 *	-0,0801 ^{ns}	-0,3951 ^{ns}	--

** , * : significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t. ^{ns} : não significativo.

Os Desvios Padrões e os valores máximos e mínimos para o estágio de verde cana, indicam a existência de alta variabilidade entre as floradas (Tabela

6). As análises de regressão realizadas a partir desta variabilidade, entre a soma térmica em graus-dia (GD/C) e a precipitação (P/C) acumulada apresentaram significância ($P \leq 0,01$) (Tabela 6), portanto, existe influência da disponibilidade hídrica para completar o estágio de verde cana. As estimativas do intercepto, da inclinação da regressão e do coeficiente de determinação (Tabela 2) indicam que a diminuição da precipitação acumulada proporciona menor necessidade térmica em graus-dia para completar o estágio de verde cana, ou seja, inicia mais rapidamente o estágio de cereja e conseqüentemente a colheita.

Para o estágio de verde cana, a somatória térmica em graus-dia (GD/VC) não apresentou correlação significativa com os graus-dia para o estágio cereja (GD/F-CE) (Tabela 7). Portanto, dos quatro estádios que compõem a duração do ciclo fenológico reprodutivo dos cafeeiros arábica, ou seja, da florada até o estágio de cereja, o verde cana é o único que não influencia, considerando a exigência térmica em graus-dia.

O conhecimento das interações dos estádios fenológicos com variáveis climáticas e as exigências térmicas para a maturação dos frutos nas cultivares de café, classificando-as em grupos de maturação, levará a uma maior eficiência na organização de tratos culturais e de colheita. Também resultará em menor risco com a atividade devido a melhor locação das cultivares regionalmente e na propriedade, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade, assim como reduzir os riscos climáticos e biológicos por escape de um período crítico para parasito ou para extremos climáticos.

Na regionalização das cultivares de acordo com a época de maturação, as precoces são preferidas em regiões mais frias, onde a ocorrência de geadas é mais freqüente e evitaria os danos em frutos verdes, já as mais tardias são preferidas em regiões mais quentes, devido a aceleração que temperaturas altas provocam no desenvolvimento dos frutos, podendo formar frutos mal granados e de tamanho menor. De acordo com a recomendação topoclimática na propriedade, as cultivares precoces são indicadas para locais com maior freqüência de geadas e as mais tardias para os locais menos sujeitos, evitando danos nos frutos verdes, diminuindo a instabilidade na atividade.

A caracterização das cultivares em exigências térmicas, com uma disponibilidade hídrica conhecida, levará a uma uniformização das classificações em

grupos de maturação, proporcionando aos técnicos extensionistas maior confiança na recomendação da tecnologia de escalonamento da colheita.

3.5. Conclusões

Foi possível caracterizar de acordo com a exigência térmica, as cultivares utilizadas nesta pesquisa, em grupos de maturação precoce, médio e tardio, com disponibilidade hídrica semelhante entre elas.

As cultivares 'Icatu Precoce IAC 3282', 'Mundo Novo IAC 464-12', 'IAPAR 59', 'Rume Sudam IAC1139' e 'Costa Rica 95' foram classificadas como cultivares precoces.

O grupo de maturação média foi formado pelas cultivares Catucaí 785-15, Catucaiaçu, Villa Sarchi ICAFÉ, Rubi MG1192 e Ouro Verde IAC H5010-5,.

As cultivares classificadas como tardias foram 'Obatã IAC 1669-20', Sarchimor IAPAR88480-8, Tupi IAC 1669-33, 'Catuaí Vermelho IAC-99', 'Catucaí vermelho 4-79 4-79' e 'Sarchimor E9702 III-1-9'.

Todos os estádios fenológicos do café, exceto o verde cana, influenciam na exigência térmica para a maturação dos frutos em cultivares de café arábica.

Todos os estádios fenológicos de desenvolvimento dos frutos (chumbinho, expansão, verde e verde cana) e a duração da florada até o estágio cereja, sofrem forte influência da disponibilidade hídrica na exigência térmica, acelerando a maturação dos frutos na ocorrência de deficiências hídricas.

Apenas o conceito de graus-dia não é suficiente para caracterizar a maturação dos frutos em cultivares de café arábica, necessitando considerar também a disponibilidade hídrica.

Agradecimentos

À equipe de Melhoramento de Café do Instituto Agrônomo do Paraná pelo auxílio na execução dos trabalhos, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café e CAPES pelo auxílio financeiro.

3.6. Referências

ARCILA-PULGARÍN, J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; WICKE, H. Application of the extended BBCH scale for the description of the growth stages of coffee (*Coffea* spp.). **Annals of Applied Biology**, v. 141, p.19-27, 2002.

AGUIAR, A.T.E.; GURREIRO-FILHO, O.; MALUF, M.P.; GALLO, P.B.; FAZUOLI, L.C. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, v.63, n.2, p.179-192, 2004.

BRUNINI, O., LISBÃO, R.S., BERNARDI, J.B. Temperatura-base para alface “Withe Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**. Campinas, v. 35, p. 214-219, 1976.

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

CANNEL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In:CLIFFORD, M.N.; WILSON, K.C. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beaverage**. London: Croom Helm, 1985. p.108-134.

CARVALHO, A.; MEDINA-FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M..M.A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, p.135-183, 1991.

CRUZ, C.D. **Programa GENES** – versão Windows. Viçosa: UFV, 2001. 642p.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: Estatística experimental e matrizaes**. Viçosa: UFV, 2006. 285p.

DE CASTRO, R.D.; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18(1), p.175-199, 2006.

FAZUOLI, L.C.; MEDINA-FILHO, H.P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O.; SILVAROLA, M. B. Melhoramento do Cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônômico de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 163-216.

FERRÃO, M .A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; ROCHA, A. C.; CELIN, E. Avaliação de progênies e cultivares de *Coffea arabica* no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, Vitória, ES, 2001. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/CNP&D-Café, 2001. p. 1272-1278. CDROM.

GARÇON, C. L. P.; BARROS, U. V.; MATIELO, J. B. Diferença na maturação dos frutos entre variedades e linhagens de *Coffea arabica*, na região da Zona da Mata de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., Vitória, ES, 2001. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/CNP&D-Café, 2001. p. 100-108. CD-ROM.

IAFFE, A., PINTO, H., ARRUDA, F.B, QUAGLIA, L, SAKAI, E., PIRES, R.C.M., ASSAD, E. Estimativa de temperatura-base e graus-dia com correção pelo fotoperíodo do florescimento à colheita de café em Campinas, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, II, Vitória, 2002. **Resumos...**, Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2001. 575-581.

JARAMILLO, A.R.; GUZMAN, O.M. Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var Caturra. **Cenicafe**, v.35(3), p.57-65, 1984.

MATIELO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Indicação de variedades resistentes à ferrugem, desenvolvidas pelo IBC e MA/PROCAFÉ de acordo com a época de maturação dos frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba, MG, **Anais...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ/CNP&D – Café, 2001. p. 12-13.

MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; KOGUISHI, M.S.; RIBEIRO, A..M. de A. Caracterização das fases do desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro IAPAR 59. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas, SP, **Anais...** Campinas, 2005. CD-Rom.

PEREIRA, A.R., ANGELOCCI, L.R., SENTELHAS, P.C., **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba:Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. A.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; CHAVES, G. M. Melhoramento genético do Cafeeiro no Estado de Minas Gerais – cultivares lançados e em fase de obtenção. In: Zambolim L (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. UFV, 2002, p. 253-296.

PEZZOPANE, J.R M.; PEDRO-JUNIOR, M..J.; THOMAZIELLO, R.A.; PAES DE CAMARGO, M.B. Escala para a avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro aárbita. **Bragantia**, v.62,n.3, p.499-505, 2003.

PEZZOPANE, J.R M.; PEDRO-JUNIOR, M..J.; PAES DE CAMARGO, M.B.; FAZUOLI, L.C. Temperatura-Base e graus-dia com correção pela disponibilidade hídrica para o cafeeiro 'Mundo Novo' no período florescimento-colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas, SP, **Anais...** Campinas, 2005. CD-Rom.

SALAZAR-GUTIÉRREZ; M.R.; CHAVES-CORDOBA, B.; RIAÑO-HERRERA, N.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; JARAMILLO-ROBLEDO, A. Crecimiento Del fruto de café *Coffea arabica* L. var Colômbia. **Cenicafé**, v. 45(2), p.41-50, 1994.

SERA, T.; ALTEIA, M. Z.; PETEK, M.R. Melhoramento do Cafeeiro: variedades melhoradas no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). In: ZAMBOLIM. L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 217-251.

SERA, T.; GUERREIRO, A. Diversificação varietal por maturação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO. Londrina, PR, 1994. **Resumos...** Londrina, IAPAR, 1994, p.37.

SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P.H.; MANETTI-FILHO, J. Maturação dos frutos de três cultivares de cafeeiros em Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20(12): 1373-1379, 1985.

4. ARTIGO B: EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE PARA DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS EM LINHAGENS E CULTIVARES DE *Coffea arabica*.

4.1. RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi estimar parâmetros genéticos e identificar a existência de interação entre genótipos e diferentes floradas do cafeeiro para as exigências climáticas em linhagens e cultivares de *Coffea arabica*. Os dados foram obtidos em um experimento instalado no Instituto Agronômico do Paraná, em Londrina, em condições de campo. Os tratamentos foram linhagens e cultivares de *C. arabica*. Os estádios fenológicos chumbinho, expansão, verde, verde cana e o período da florada até o estágio de cereja foram caracterizados de acordo com número de dias, graus-dia e o balanço hídrico. Foram também estimados parâmetros genéticos e analisadas a influência da temperatura e precipitação na duração dos estádios fenológicos. Foram necessários 225,37 dias em média da florada até o estágio de cereja com soma térmica de 2744,26 graus-dia e balanço hídrico de 269,94 mm, obtido a partir de uma precipitação acumulada média de 999,57 mm. A utilização do conceito de graus-dia na caracterização da maturação dos frutos foi eficiente, comprovando o efeito da temperatura na duração do período florada – cereja, bem como dos estádios fenológicos. A forte influência da disponibilidade hídrica em cada estágio fenológico e, conseqüentemente, no período florada – cereja foi comprovada e estimada. Foi estimada uma necessidade térmica de 114 graus-dia menor a cada 100 mm de decréscimo na precipitação em média. As variedades e cultivares utilizadas foram classificadas em maturação precoce, média e tardia de acordo com a exigência térmica em graus-dia.

Palavras-chave: Café, escalonamento da colheita, exigência climática, graus-dia, maturação dos frutos.

CLIMATIC REQUERIMENTS AND GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERATION FOR FRUITS DEVELOPMENT OF *Coffea arabica* LINES AND CULTIVARS.

ABSTRACT

The aims of this research were to estimate genetic parameters and to determine the genotype x environment interactions for climatic requeriments of fruit development in arabic coffee genotypes. An experiment was carried out in the field conditions at the Agronômico Institute of Paraná (IAPAR), Londrina – PR, with several promising lines and cultivars of *C. arabica*. It was evaluated each phenological stadiums (pinhead, expansion, green, green sugar cane and the period flowering – cherry). Each phenological stadium was characterized by the climatic requeriment (time to each stadium, degree-day and the water balance). The genetic parameters were estimated and analyzed for the influence of the temperature and precipitation in the duration of each phenological stadium. The average number of days, the thermal needs in degree-days, the water balance and accumulated precipitation until the stadium of complete maturation (cherry) were, respectively, 225.37 days, 2744.26 degree-days, 269.94 mm and 999.57 mm, considering all varieties and cultivars. The use of the degree-days concept for characterization of coffee fruit maturation was efficient, showing the effects of temperature on the flowering – ripening period, as well as on phenological stadiums. It was possible to estimate the influence of water availability on each phenological stadium, and consequently in the flowering – ripening period. The promising lines and cultivars were classified according to their respective thermal requirements (degree-day needs) in early, medium and late maturation.

Key words: Coffee, scalonated harvest, climatic requeriments, degree-day, fruits maturation.

4.2. Introdução

O desenvolvimento fenológico e a produtividade do cafeeiro, como qualquer espécie de planta, são afetados por variáveis climáticas, das quais as mais importantes são a temperatura do ar, a disponibilidade hídrica e a luz. O conhecimento das interações entre as variáveis climáticas e os estádios fenológicos é de fundamental importância para se fazer um eficiente escalonamento da colheita, utilizando-se de cultivares com épocas de maturação diferentes.

Nesse sentido, a utilização do conceito de graus-dia na caracterização das exigências térmicas, juntamente com a quantificação das necessidades de disponibilidade hídrica para completar a maturação dos frutos podem ser ferramentas valiosas na uniformização da indicação de cultivares para escalonar a colheita do café na propriedade. Segundo Ometto (1981), a temperatura demonstra a quantidade de energia do meio, portanto, graus-dia é a quantificação da energia disponível para a planta em cada dia e se conceitua como o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta.

Sabe-se que regiões altas e mais frias fazem com que a maturação dos frutos em café seja retardada e em regiões mais quentes, acelerada (JARAMILLO e GUZMÁN, 1984; ORTOLANI et al., 2001), por isso cultivares de maturação tardia a super-tardia em regiões mais frias, não são indicadas, pois poderá acarretar em muito atraso na maturação, podendo ocorrer processos fermentativos além de aumentar o risco com geadas. Cultivares precoces ou até semi-precoces em regiões mais quentes também não são indicadas, pois, acelerará bastante a maturação podendo provocar maior incidência de grãos defeituosos e frutos mal granados, entre outros problemas. Porém, não existem trabalhos demonstrando a existência ou não de interação entre cultivares e ambientes diferentes, sejam locais ou anos de colheita. A existência de interação, poderia dificultar a utilização do conceito de graus-dia, já que as caracterizações das cultivares quanto as exigências térmicas teriam em um local, não poderia ser extrapolado para outro, devendo realizar caracterizações locais.

Iaffe, et al. (2001) obtiveram para a cultivar Mundo Novo IAC 379/19 necessidade térmica de 2642 graus-dia do florescimento a colheita e Pezzopane et al. (2005) obtiveram necessidade térmica de 2761 graus-dia para a cultivar "Mundo

Novo”, mas não especificando a linhagem. Morais et al. (2005) caracterizaram a cultivar IAPAR 59, como necessitar de somatória térmica da florada ao estágio cereja de 2302 graus-dia. Jaramillo e Guzmán (1984) caracterizaram o crescimento e o diâmetro dos frutos com a somatória térmica na cultivar Caturra e obtiveram 2560 e 2445 graus-dia, em duas floradas diferentes. Para a cultivar Colômbia, Salazar-Gutiérrez et al. (1994), obtiveram 2836 graus-dia de necessidade térmica para alcançar o estágio de cereja. Portanto, existe variação em graus-dia do período da florada ao estágio cereja, para uma mesma cultivar em floradas e anos diferentes, bem como indica a variação genética existente para época de colheita entre cultivares de café arábica.

As cultivares de café arábica disponíveis para a cafeicultura brasileira possuem potencial para altas produtividades com uso de alta tecnologia e com diferenciais em maturação que possibilitam o uso do escalonamento de colheita. Porém, existem algumas lacunas que o melhoramento genético de café pode preencher, para que o uso desta tecnologia fique cada vez mais eficiente. O melhoramento genético tem condições de desenvolver cultivares com maturação desde super-precoce (maturação dos frutos antes da ‘Icatú Precoce IAC 3282’) a super-tardia (mais tardia que cultivares do “Catuai” e ‘Obatã IAC1669-20’) o que possibilitará ampliação da época de colheita em regiões de altitudes mais elevadas e frias, com cultivares mais precoces, e em regiões mais baixas e quentes, com cultivares mais tardias.

O principal germoplasma para estes propósitos é aquele derivado de cruzamentos de *C. arabica* com *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. racemosa* e *C. canephora*. Segundo Carvalho et al. (1991), o desenvolvimento dos frutos e das sementes leva 210-250 dias em *C. arabica*, 300-350 dias em *C. canephora*, aproximadamente 360 dias em *C. liberica* e *C. dewevrei* e 90 dias em *C. racemosa*.

Guerreiro et al. (1990) mostraram que progênies com genes de *C. racemosa*, mesmo após vários retrocruzamentos com *C. arabica*, mantinha a característica de precocidade de maturação. Petek et al. (2005) demonstraram a possibilidade de selecionar progênies mais tardias que cultivares do “Catuai” derivado do cruzamento entre plantas do “Piatã” e do “Catuai” (*C. dewevrei* x *C. arabica*) x *C. arabica*, pois o parental “Piatã” é considerado super tardio. Silvarolla et al. (1997) avaliaram progênies derivadas de “Híbrido de Timor” e mostraram que na

média as progênies do “Catimor” e do “Sarchimor” são mais precoces que linhagens do “Catuaí”.

Portanto, a continuidade de seleção de linhagens contrastantes quanto à maturação dos frutos pelos programas de melhoramento genético, bem como, a caracterização destas linhagens quanto às exigências climáticas, poderá trazer grandes benefícios econômicos para as propriedades cafeeiras e, conseqüentemente, para uma cafeicultura mais sustentável.

Os objetivos desta pesquisa foram estimar parâmetros genéticos e identificar a existência de interação entre genótipos e diferentes floradas do cafeeiro para as exigências climáticas em linhagens promissoras e cultivares de *C. arabica*.

4.3. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Londrina, do Instituto Agrônomo do Paraná, em condições de campo, num solo do tipo Latossolo Vermelho distroférico, com temperatura média anual de 20,8°C, altitude de 585 metros, latitude 23°22' Sul e longitude 51°10' Oeste.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com 3 repetições, 24 tratamentos, 10 plantas por parcela e espaçamento de 2,5 x 0,5 metros. Os 24 tratamentos são representados pelos genótipos: ‘Colômbia’ (“Catimor”), IAPAR 00013 (F3 do ‘IAPAR-59’ x “Catuaí”), IAPAR – 00027 (“Catuaí”), ‘Rubi-MG 1192’, ‘IPR 108’ T21 (‘IAPAR-59’ x “Catuaí”), IAPAR 00029 (F₄ do ‘IAPAR-59’ x ‘Mundo Novo IAC338-17’), ‘IPR 102’ (“Catuaí”), IAPAR 00014 [“Sarchimor” x (“Etiópia Sh₁” x “Catuaí”)], ‘IPR 108’ (‘IAPAR-59’ x “Catuaí”), IAPAR – 00031 (“Sarchimor”), ‘IPR 108’ T19 (‘IAPAR-59’ x “Catuaí”), IAPAR 77041-66-4 (“Catuaí 2,3”), ‘IPR 97’ (“Sarchimor”), IAPAR 77054 F₅ (“Catuaí”), ‘IPR 103’ (“Catuaí”), ‘IPR 106’ (“Icatu”), IAPAR – 00025 (“Sarchimor”), ‘IPR 100’ (“Catuaí Sh₂,Sh₃”) e ‘IPR 105’ (“Catuaí Sh₂,Sh₃”). Como testemunhas foram avaliados três tratamentos da cultivar IAPAR 59 e dois da ‘Catuaí Vermelho IAC 99’.

Foram realizadas avaliações em intervalos de 15 a 20 dias, em todas as plantas que produziram na parcela, durante o período de agosto de 2004 a agosto 2005 (safra 2004/05) e em quatro plantas escolhidas na parcela, de agosto de 2005 a agosto de 2006 (safra 2005/06), segundo a escala fenológica proposta por Pezzopane et al. (2003), sendo: 0 = gema dormente; 1 = gema entumescida; 2

= abotoado; 3 = florada; 4 = pós-florada; 5 = chumbinho; 6 = expansão dos frutos; 7 = verde; 8 = verde cana; 9 = cereja; 10 = passa; 11 = seco. Em cada avaliação foram atribuídas 3 notas da escala fenológica para cada planta, representando o estágio fenológico das 3 principais floradas em cada safra. As datas das floradas foram: 26/09/2004, 21/10/2004, 24/11/2004, 04/09/2005, 25/09/2005 e 25/11/2005. O estágio fenológico considerado para cada cultivar, em cada florada, foi a nota com maior repetitividade (moda) em cada avaliação. Os dados de temperatura utilizados para os cálculos de graus-dia e os dados de precipitação, foram obtidos no SIMEPAR (www.simepar.br) e pela área de agrometeorologia do IAPAR. Foram determinadas as datas de início e fim de cada estágio em cada florada e de cada cultivar nas parcelas. As variáveis consideradas neste estudo foram:

- número de dias necessários para os estádios de chumbinho (D/C), expansão (D/E), verde (D/V), verde cana (D/VC) e da florada até o estágio de cereja (D/F-CE);
- temperatura média durante os estádios de chumbinho (T/C), expansão (T/E), verde (T/V), verde cana (T/VC) e da florada até o estágio de cereja (T/F-CE);
- somatória térmica em graus-dia para os estádios de chumbinho (GD/C), expansão (GD/E), verde (GD/V), verde cana (GD/VC) e da florada até o estágio de cereja (D/F-CE);
- precipitação acumulada para os estádios de chumbinho (P/C), expansão (P/E), verde (P/V), verde cana (P/VC) e da florada até o estágio de cereja (P/F-CE).
- Somatório do balanço hídrico decendial (excedente + déficit), calculado pelo método de Thorthwaite e Mather (1955) com 100 mm de armazenamento máximo, para os estádios de chumbinho (BH/C), expansão (BH/E), verde (BH/V), verde cana (BH/VC) e da florada até o estágio de cereja (BH/F-CE).

O cálculo da soma térmica em graus-dia (GD) e o valor diário (Gdi) foi obtido conforme Pezzopane et al. (2005), pelas relações:

$GDi = Tmed_i - Tb$ onde: $Tmed_i$ é a temperatura média do ar no dia i e Tb é a temperatura-base, considerada $10,5^\circ C$;

$GDA = \sum_{i=1}^n GDi$ onde: GDA é a soma térmica em graus-dia durante um período.

Foram realizadas, para cada variável em cada estádio, uma análise fatorial simples, considerando os efeitos de genótipos e floradas como fatores, segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = m + (B/A)_{jk} + G_i + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : observação do k-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente (florada);

m : média geral do ensaio;

$(B/A)_{jk}$: efeito do bloco k dentro do ambiente j (*bloco = b*);

G_i : efeito do tratamento ou genótipo i (*genótipo = g*);

A_j : efeito do ambiente j (*florada = f*);

GA_{ij} : efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente j (*interação entre genótipo e florada = gxf*); e

ε_{ijk} : erro aleatório associado à observação ijk .

Foram estimados os parâmetros: componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), componente de variância da interação genótipo x florada ($\hat{\sigma}_{gf}^2$), variância entre floradas ($\hat{\sigma}_f^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) (h^2 (%)), coeficiente de variação genético (CV_g (%)) e o coeficiente de variação entre floradas (CV_f (%)), segundo as expressões:

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QM_g - QM_{gxf}}{fb}$$

$$\hat{\sigma}_{gf}^2 = \frac{QM_{gxf} - QM_e}{b}$$

$$\hat{\sigma}_f^2 = QM_f - \sigma_e^2 - bf\sigma_{gf}^2$$

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{(QM_g / fb)}$$

$$CV_g(\%) = \frac{100\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{\mu}}, \text{ em que: } \bar{\mu} = \text{média.}$$

$$CV_f(\%) = \frac{100\sqrt{\sigma_f^2}}{\bar{\mu}}$$

Foram realizadas também para as variáveis climáticas em cada estádio, as análises de variância individual de cada uma das floradas, com o objetivo de analisar a presença de homogeneidade entre as variâncias residuais de cada ambiente. A relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo foi obtido e nos casos em que o resultado foi maior que 3, considerou-se que as variâncias residuais não são homogêneas. Quando não houve homogeneidade de variâncias residuais, realizaram-se os testes de hipóteses com ajuste nos graus de liberdade do resíduo e da interação genótipos x ambientes. Com os novos graus de liberdade são computadas novas estimativas de quadrados médios da interação genótipos x ambientes e dos quadrados médios dos resíduos, alterando-se, conseqüentemente, valores da estatística F, de certos componentes de variância e dos parâmetros genéticos relacionados. O ajuste dos graus de liberdade é feito conforme procedimento proposto por Cochran (1954) (apud CRUZ, 2006), descrito a seguir:

Ajuste dos graus de liberdade do resíduo - n_r :

$$n_r = \frac{\left(\sum_{j=1}^f S_j^2 \right)^2}{\sum_{j=1}^f \frac{(S_j^2)^2}{n_j}}$$

Ajuste dos graus de liberdade da interação genótipos (g) x floradas (f) - n_{gf} :

$$n_{gf} = \frac{(g-1)(f-1)^2 V_1^2}{(f-2)V_2 + V_1^2}$$

em que:

$$V_1 = \frac{1}{f} \sum_{j=1}^f S_j^2$$

$$V_2 = \frac{1}{f} \sum_{j=1}^f (S_j^2)^2$$

Análises de regressão simples foram realizadas para a média das cultivares em cada florada, considerando cada florada como uma amostra. As variáveis graus-dia em cada estádio e do período da florada até o estádio de cereja foram

consideradas como dependentes e as variáveis relacionadas à precipitação acumulada nos mesmos períodos foram consideradas variáveis explicativas.

Foram realizadas também avaliações em cada planta, nos anos de 2005 e 2006, antes das colheitas, para vigor vegetativo, potencial de produção e maturação dos frutos

O vigor vegetativo (V) de cada planta do ensaio foi avaliado, segundo uma escala de 1 a 10, sendo: 1 = planta amarela com abundante seca de ramos e 10 = planta verde escura com abundante ramificação.

O potencial de produção (P) de cada planta foi avaliado visualmente em litros de fruto cereja/planta, levando em consideração o tamanho dos grãos, número de frutos/ roseta e quantidade de rosetas frutificadas. A produção em litros de fruto cereja/planta (litros/planta) foi transformada para produtividade/ha (P) com base em número de plantas/ha (pl/ha), segundo a expressão: $P = (\text{litros/planta} \times \text{pl/ha}) / 500$ (500 é um valor médio em litros de café da roça para termos uma saca de café beneficiado).

Cada planta foi classificada quanto à época de maturação dos frutos (M) em: tardia ('Catuaí Vermelho IAC 81'), semi-tardia, média ('Tupi IAC1669-33'), semiprecoce ('IAPAR 59') e precoce ('Icatu Precoce IAC 3282'), atribuindo-se, respectivamente, as notas 1, 2, 3, 4 e 5.

Foram realizadas as análises de variância em nível de média de parcela, dos anos de 2005 e 2006 para todas as variáveis e realizado o teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade para aquelas variáveis que apresentaram significância pelo teste F da análise de variância, para efeito de genótipos. A partir das análises de variância foram estimados os coeficientes de correlação genotípica e testadas as significâncias através do método de bootstrap (CRUZ, 2006). Todas as análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico GENES (CRUZ, 2001; CRUZ, 2006)

4.4. Resultados e Discussão

Os genótipos utilizados apresentaram 225,37 dias em média da florada até o estágio de cereja, o que proporcionou uma soma térmica de 2744,26 graus-dia, somatória dos balanços hídricos decendiais durante o período de 269,94 mm (Tabela 1) a partir de uma precipitação acumulada média de 999,57 mm. O

número de dias médio obtido em uma variação de 205,0 a 243,6 (Tabela 1) está de acordo com o estabelecido por Carvalho et al. (1991) para a espécie *C. arabica*, que apresenta número de dias da florada a maturação dos frutos variando de 210 a 250, o que forneceria uma média de 230.

As variáveis número de dias (D/F-CE), somatória térmica em graus-dia (GD/F-CE) e somatório do balanço hídrico (BH/F-CE) durante o período da florada até o estágio de cereja, apresentaram significância, pelo teste F ($P \leq 0,05$) para o efeito de genótipos, através das análises de variâncias (Tabela 1). Os coeficientes de variação experimental ($CV(\%)$) foram, 1,29, 0,86 e 0,69, respectivamente, para as variáveis número de dias, graus dia e balanço hídrico, portanto, apresentaram boa precisão experimental (Tabela 1).

As cultivares utilizadas neste estudo possuem alta variabilidade genética, para as variáveis número de dias (D/F-CE), graus-dia (GD/F-CE) e balanço hídrico (BH/F-CE) da florada até completar o estágio de cereja, confirmado pelas estimativas dos coeficientes de herdabilidade de 90,34, 83,92 e 50,52% (Tabela 1), respectivamente. Fornecem, então, boa perspectiva de utilização desses materiais na tecnologia de escalonamento de colheita, recomendação local topoclimática e recomendação regional, todos baseados em precocidade de maturação.

Na tabela 1, também estão apresentados os resultados obtidos para o efeito da interação entre genótipos e floradas (Interação $g \times f$) e não foi detectada significância, pelo teste F (Tabela 1). Considerando então, que os genótipos, sofrem influências semelhantes das diferentes condições climáticas entre as floradas, para todas as variáveis consideradas, pode-se analisar as diferenças genéticas entre as variedades e cultivares ao nível de médias.

Para o efeito de floradas foram obtidas estatísticas F significativas ($P \leq 0,05$) para as variáveis número de dias, graus-dia e balanço hídrico da florada até o estágio de cereja (Tabela 1). Jaramillo e Guzmán (1984) caracterizaram o crescimento e o diâmetro dos frutos com a somatória térmica na cultivar Caturra e obtiveram 2560 e 2445 graus-dia, em duas floradas diferentes. A existência de variabilidade entre as floradas, para estas variáveis é confirmada pelos valores estimados de seus respectivos coeficientes de variação ($CV_f(\%)$), que foram 5,75, 5,84 e 9,37%, respectivamente, para número de dias, graus-dia e balanço hídrico (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância, teste de hipótese (teste F com graus de liberdade ajustados devido à heterogeneidade de variâncias) e parâmetros genéticos para número de dias (D/F-CE), graus dia (GD/F-CE) e balanço hídrico (BH/F-CE) da florada ao estádio de cereja (dados transformados para log x).

F. V. ¹	G.L. ²	Quadrados Médios		
		D/F-CE	GD/F-CE	BH/F-CE
Blocos (b)	12	0,00939	0,00351	0,00085
Genótipos (g)	23	0,00817	0,00461	0,00059
Floradas (f)	5	0,01023	0,0312	0,08393
Interação (gxf)	115	0,00079	0,00074	0,00030
Resíduo (e)	276	0,00093	0,00087	0,00047
Média ³		225,37	2744,26	269,94
CV _e (%)		1,29	0,86	0,69

F. V.	Teste F ⁴	Teste de Hipótese					
		D/F-CE		GD/F-CE		BH/F-CE	
		$\frac{GLN}{GLD}$ ⁵	F ⁴	$\frac{GLN}{GLD}$ ⁵	F ⁴	$\frac{GLN}{GLD}$ ⁵	F ⁴
Genótipos (g)	$\frac{QM_g}{QM_{gxf}}$	$\frac{23}{90}$	10,35 **	$\frac{23}{69}$	6,22 **	$\frac{23}{77}$	2,00 *
Floradas (f)	$\frac{QM_f + QM_e}{QM_b + QM_{gxf}}$	$\frac{5,95}{17,03}$	2,30 ns	$\frac{5,97}{28,17}$	13,07 **	$\frac{5,06}{32,47}$	117,72 **
Interação (gxf)	$\frac{QM_{gxf}}{QM_e}$	$\frac{90}{205}$	0,85 ns	$\frac{69}{151}$	0,86 ns	$\frac{77}{170}$	0,64 ns

Parâmetros Genéticos ⁶	D/F-CE	GD/F-CE	BH/F-CE
$\hat{\sigma}_g^2$	0,00041	0,00021	0,00002
$\hat{\sigma}_{gf}^2$	-0,00005	-0,00004	-0,00006
$\hat{\sigma}_f^2$	0,0183	0,03279	0,08454
$\hat{\sigma}_e^2$	0,00093	0,00087	0,00047
h^2 (%)	90,34	83,92	50,02
CV _g (%)	0,86	0,43	0,13
CV _f (%)	5,75	5,84	9,37

¹ Fontes de variação; ² Graus de liberdade; ³ dados originais; ⁴ Cálculo da estatística F para o teste da hipótese de nulidade das fontes de variação, presentes no modelo, utilizando as novas estimativas dos quadrados médios da interação e do resíduo computados; ⁵ graus de liberdade do numerador (GLN) e do denominador (GLD) utilizados para testar a estatística F; ⁶ componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), componente de variância da interação genótipoflorada ($\hat{\sigma}_{gf}^2$), variância entre floradas ($\hat{\sigma}_f^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) (h^2 (%)), coeficiente de variação genético (CV_g(%)), coeficiente de variação entre floradas (CV_f(%)). **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F. ns: não significativo.

Os fatores climáticos que afetam a duração dos estádios fenológicos são a temperatura do ar, a disponibilidade hídrica (JARAMILLO e GUZMÁN, 1984; PEZZOPANE et al., 2005) e o fotoperíodo (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994; IAFFE et al., 2001). Siqueira, et al. (1985) demonstraram que uma das cultivares do “Bourbon Amarelo” e do “Mundo Novo” tiveram aceleração na maturação quando o

ano agrícola apresentou maior temperatura média, e uma cultivar do “Catuaí Amarelo” apresentou comportamento diferente, ou seja, retardou ligeiramente a maturação com o acréscimo da temperatura. Isto é um indicativo de existência de interação genótipo e ambiente, que não foi detectado neste trabalho. Estes autores também concluíram que a disponibilidade hídrica é um fator que influencia decisivamente na maturação dos frutos, podendo acelerar ou retardar o processo, dependendo da fase em que ocorre.

O conceito de graus-dia assume uma relação linear entre a temperatura e a duração dos estádios fenológicos (OMETTO, 1981; PEREIRA et al., 2002; PEZZOPANE et al., 2005) e considerando a existência de alta variabilidade entre as floradas para balanço hídrico e para a somatória térmica em graus-dia, da florada até o estágio de cereja, foi possível analisar a influência da disponibilidade hídrica na exigência térmica média das cultivares em estudo.

Tabela 2. Resumos das análises de regressão e estimativas de intercepto, inclinação da reta e coeficiente de determinação (R^2) entre o graus-dia (GD) como variável dependente e a precipitação acumulada (P) durante os estádios de chumbinho (C), expansão (E), verde (V), verde cana (VC) e da florada até o estágio de cereja (F-CE).

	Desvio		Regressão		Estimativas		
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	Interc.	Inclin.	R^2 (%)
F-CE	4	2561,90	1	66900,59 ^{0,007}	1596,17	1,14	86,72
C	4	28856,57	1	132680,81 ^{0,098}	220,21	1,35	53,48
E	4	35345,17	1	365551,50 ^{0,032}	529,11	1,32	72,11
V	4	18184,37	1	140389,49 ^{0,049}	540,04	1,36	65,87
VC	4	327,94	1	3586,28 ^{0,029}	125,13	1,08	73,22

A análise de variância para a regressão (Tabela 2) entre graus-dia acumulado (GD/F-CE) e a precipitação (P/F-CE) durante o período da florada até a maturação (cereja), apresentou significância ($P \leq 0,007$) e coeficiente de determinação de 86,72%, ou seja, grande parte da variabilidade existente entre as floradas para graus-dia é explicada pela maior ou menor disponibilidade hídrica. A inclinação da reta da regressão estimada com sinal positivo remete a uma menor necessidade térmica para completar a maturação dos frutos com a ocorrência de períodos com menor disponibilidade hídrica. A expressão estimada que explica esta relação é:

$$GD/F - CE = 1596,17 + (1,14 \times (P/F - CE))$$

Esta expressão estima uma necessidade térmica de 114 graus-dia menor, a cada 100 mm de redução na precipitação em média, com precipitação acumulada mínima de 867,35 mm e máxima de 1094,54mm, para os genótipos utilizados neste estudo. Portanto, é bastante pronunciada a influência da disponibilidade hídrica no período da florada até a maturação dos frutos. Segundo Salazar-Gutiérrez et al. (1994), a evapotranspiração teve maior influência na taxa de acúmulo de matéria seca, comparando com a somatória de graus-dia, na cultivar Colômbia. A caracterização de genótipos de café arábica, apenas através do conceito de graus-dia não é recomendado, pois é preciso sempre considerar a ocorrência ou não de deficiências ou excessos de precipitação.

O período compreendido entre a florada e a maturação plena (estádio cereja) dos frutos é formado pelos estádios fenológicos de chumbinho, expansão, verde e verde cana, os quais foram caracterizados em cada florada e em cada genótipo utilizado neste estudo.

As linhagens promissoras e cultivares apresentaram necessidade térmica média para completar o estágio de chumbinho de 717,84 graus-dia, gerado em 57,06 dias, com um balanço hídrico decendial de 167,10 mm (Tabela 3) que foi gerada a partir de uma precipitação acumulada no período de 367,78 mm. Os coeficientes de variação experimental foram 7,17, 2,70 e 0,84%, respectivamente, para as variáveis número de dias (D/C), graus-dia (GD/C) e balanço hídrico (BH/C) durante o período de chumbinho, portanto, demonstrou boa precisão experimental (Tabela 3).

O estágio de chumbinho apresentou significância ($P \leq 0,01$) para o efeito de genótipos, pelo teste F, para a variável número de dias e não apresentou significância para a somatória térmica em graus-dia (Tabela 3). O cálculo da soma térmica em graus-dia, pode diminuir ou aumentar a variabilidade existente, comparando com duração em dias, já que a variável climática temperatura, é considerada diretamente no cálculo de graus-dia, ou seja, períodos de tempo maiores podem ser devidos a temperaturas mais amenas e não devida ao genótipo.

A fonte de variação floradas, apresentou significância ($P \leq 0,01$) pelo teste F, para número de dias, graus-dia e balanço hídrico durante o estágio de chumbinho (Tabela 3). Portanto, existe alta variabilidade entre as floradas neste

estádio fenológico, confirmado pelos altos valores dos coeficientes de variação entre as floradas ($CV_f(\%)$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo das análises de variância, teste de hipótese (teste F com graus de liberdade ajustados devido à heterogeneidade de variâncias) e parâmetros genéticos para número de dias (D/C), graus-dia (GD/C) e balanço hídrico (BH/C) durante o estágio de chumbinho (dados transformados para log x).

F. V. ¹	G.L. ²	Quadrados Médios		
		D/C	GD/C	BH/C
Blocos (b)	12	0,01940	0,01397	0,00015
Genótipos (g)	23	0,06131	0,00434	0,00024
Floradas (f)	5	1,84710	1,91225	0,04916
Interação (gxf)	115	0,01446	0,00466	0,00042
Resíduo (e)	276	0,01528	0,00585	0,00067
Média ³		57,06	717,84	167,21
$CV_e(\%)$		7,17	2,70	0,84

F. V.	Teste	Teste de Hipótese					
		D/C		GD/C		BH/C	
		$\frac{GLN}{GLD}$ ⁵	F ⁴	$\frac{GLN}{GLD}$ ⁵	F ⁴	$\frac{GLN}{GLD}$ ⁵	F ⁴
Genótipos (g)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{23}{91}$	4,24 **	$\frac{23}{73}$	0,93 ns	$\frac{23}{41}$	0,56 ns
	$\frac{QM_f + QM_b}{QM_b + QM_{gxf}}$	$\frac{5,08}{54,26}$	74,61 **	$\frac{5,03}{30,82}$	163,32 **	$\frac{5,14}{51,72}$	83,11 **
Interação (gxf)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{91}{208}$	0,95 ns	$\frac{73}{161}$	0,80 ns	$\frac{41}{85}$	0,63 ns

Parâmetros Genéticos ⁶	D/C	GD/C	BH/C
$\hat{\sigma}_g^2$	0,002600	-0,00002	-0,00001
$\hat{\sigma}_{gf}^2$	-0,00027	-0,0004	-0,00008
$\hat{\sigma}_f^2$	1,83668	1,9136	0,04993
$\hat{\sigma}_e^2$	0,01528	0,00585	0,00067
$h^2(\%)$	76,41	--	--
$CV_g(\%)$	2,95	--	--
$CV_f(\%)$	78,34	48,88	7,28

¹ Fontes de variação; ² Graus de liberdade; ³ dados originais; ⁴ Cálculo da estatística F para o teste da hipótese de nulidade das fontes de variação, presentes no modelo, utilizando as novas estimativas dos quadrados médios da interação e do resíduo computados; ⁵ graus de liberdade do numerador (GLN) e do denominador (GLD) utilizados para testar a estatística F; ⁶ componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), componente de variância da interação genótipo x florada ($\hat{\sigma}_{gf}^2$), variância entre floradas ($\hat{\sigma}_f^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) ($h^2(\%)$), coeficiente de variação genético ($CV_g(\%)$), coeficiente de variação entre floradas ($CV_f(\%)$). **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F. ns: não significativo.

A afirmação anterior, de possibilidade de achatamento da variabilidade, com a utilização da soma térmica em comparação com o período em dias pode ser confirmada com os valores dos coeficientes de variação entre as floradas para o estágio de chumbinho, que foram 78,34, 48,88 e 7,28% (Tabela 3), respectivamente, para o número de dias, graus-dia e balanço hídrico.

Porém, apenas a temperatura não é suficiente para explicar a variabilidade existente entre as floradas, pois, mesmo com o cálculo da soma térmica através do conceito de graus-dia foi obtido um coeficiente de variação entre floradas de 48,88% (Tabela 3). Como já descrito anteriormente, o conceito de graus-dia assume uma relação linear entre a temperatura e a duração dos estádios fenológicos (PEZZOPANE et al., 2005), faltando então considerar as outras variáveis climáticas que podem influenciar na duração do estágio de chumbinho.

A análise de regressão simples realizada, considerando graus-dia durante o estágio de chumbinho como variável dependente e precipitação acumulada durante o período como explicativa, detectou significância ($P \leq 0,098$) para a regressão, pelo teste F, com coeficiente de determinação de 53,48%. Portanto, existe influência da disponibilidade hídrica na somatória térmica necessária para completar o estágio de chumbinho explicando mais de 50% da variação ocorrida (Tabela 2). A estimativa de inclinação da reta de regressão apresentou sinal positivo (Tabela 2), o que proporciona uma relação de menor disponibilidade hídrica ocasionando aceleração do período necessário para completar o estágio de chumbinho.

Pezzopane et al. (2005) obtiveram resultados discordantes, pois verificaram que em anos de cultivo, em que a razão entre evapotranspiração real e a de referência (E_{Tr}/E_{To}) nos oito primeiros decênios, após a florada, apresentou menores valores, ocorreu um aumento do número de dias do período florescimento-colheita. Esta discordância pode ser devido ao fato de, neste estudo, não ter ocorrido deficiências hídricas graves durante o período de chumbinho, pois a menor razão entre evapotranspiração real e a de referência (E_{Tr}/E_{To}) obtida neste estágio foi 0,78, sendo que a maioria ficou acima de 0,90, enquanto que Pezzopane et al. (2005) obtiveram razões abaixo de 0,60. Portanto, a ocorrência de deficiências hídricas mais acentuadas pode paralisar o desenvolvimento e acarretar em aumento da duração do estágio.

A expressão estimada que explica a relação entre graus-dia e precipitação para o estágio de chumbinho é:

$$GD/C = 220,21 + (1,35 \times (P/C))$$

O efeito de interação entre os genótipos e floradas para o estágio de chumbinho nas variáveis graus-dia, número de dias e balanço hídrico, não apresentaram significância, portanto, as variáveis temperatura e disponibilidade hídrica afetam as variedades e cultivares de forma semelhante (Tabela 3), porém, a maior temperatura provocando aceleração e uma maior precipitação provocando retardamento.

Após o período de chumbinho, inicia-se o estágio fenológico de expansão dos frutos que será responsável pela definição do tamanho dos grãos e definida a peneira média do material genético. Segundo Camargo e Camargo (2001) a ocorrência de deficiências hídricas e altas temperaturas nesta fase, poderão resultar em grãos pequenos e, conseqüentemente, grãos de peneira baixa.

Portanto, é de fundamental importância o entendimento das interações entre os materiais genéticos de café e as variáveis climáticas durante o período de expansão dos frutos, além da importância de se analisar a contribuição desta fase na duração do período florada – cereja, o que indica o ponto de colheita.

A somatória térmica média em graus-dia (GD/E) das cultivares e linhagens utilizadas foi 953,89, em 71,33 dias (D/E), 97,08 mm de balanço hídrico (Tabela 4) e uma precipitação acumulada de 320,75 mm, para o estágio de expansão dos frutos. Os genótipos não apresentaram diferença significativa para as variáveis número de dias, graus-dia e balanço hídrico durante o estágio de expansão (tabela 4). Portanto, não foi possível detectar existência de variabilidade genética. As variáveis analisadas para o estágio de expansão apresentaram baixos coeficientes de variação experimental (Tabela 4), portanto, boa precisão experimental.

Para o efeito de floradas, foram detectadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) nas variáveis número de dias (D/E), graus-dia (GD/E) e balanço hídrico (BH/E) durante o período de expansão dos frutos, já para a fonte de variação interação entre genótipos e floradas, não foi obtida significância para as mesmas variáveis (Tabela 4). Portanto, os genótipos utilizados neste estudo não interagem com as condições edafoclimáticas diferentes das floradas, ou seja, a ordem de classificação das cultivares não se altera entre as diferentes floradas.

Tabela 4. Resumo das análises de variância, teste de hipótese (teste F com graus de liberdade ajustados devido à heterogeneidade de variâncias) e parâmetros genéticos para número de dias (D/E), graus dia (GD/E) e balanço hídrico (BH/E) durante o estágio de expansão (dados transformados para log x).

F. V. ¹	G.L. ²	Quadrados Médios		
		D/E	GD/E	BH/E
Blocos (b)	12	0,06962	0,03140	0,00292
Genótipos (g)	23	0,00776	0,00461	0,00031
Floradas (f)	5	1,38534	1,18933	0,13071
Interação (gxf)	115	0,00514	0,00721	0,00036
Resíduo (e)	276	0,00554	0,00623	0,00037
Média ³		71,33	953,89	97,08
CV _e (%)		4,07	2,67	0,63

		Teste de Hipótese					
		D/E		GD/E		BH/E	
F. V.	Teste	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴
Genótipos (g)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{23}{94}$	1,51 ^{ns}	$\frac{23}{87}$	0,64 ^{ns}	$\frac{23}{86}$	0,86 ^{ns}
Floradas (f)	$\frac{QM_f + QM_b}{QM_b + QM_{gxf}}$	$\frac{5,04}{16,98}$	43,64 ^{**}	$\frac{5,05}{19,13}$	35,16 ^{**}	$\frac{5,03}{24,13}$	109,26 ^{**}
Interação (gxf)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{94}{216}$	0,93 ^{ns}	$\frac{87}{198}$	1,16 ^{ns}	$\frac{86}{194}$	0,99 ^{ns}

Parâmetros Genéticos ⁶		D/E	GD/E	BH/E
$\hat{\sigma}_g^2$		0,00015	-0,00014	--
$\hat{\sigma}_{gf}^2$		-0,00013	0,00032	--
$\hat{\sigma}_f^2$		1,38214	1,06943	0,13034
$\hat{\sigma}_e^2$		0,00554	0,00623	0,00037
h^2		33,66	--	--
CV _g (%)		0,66	--	--
CV _f (%)		64,24	35,05	11,87

¹ Fontes de variação; ² Graus de liberdade; ³ dados originais; ⁴ Cálculo da estatística F para o teste da hipótese de nulidade das fontes de variação, presentes no modelo, utilizando as novas estimativas dos quadrados médios da interação e do resíduo computados; ⁵ graus de liberdade do numerador (GLN) e do denominador (GLD) utilizados para testar a estatística F; ⁶ componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), componente de variância da interação genótipoxflorada ($\hat{\sigma}_{gf}^2$), variância entre floradas ($\hat{\sigma}_f^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) (h^2 (%)), coeficiente de variação genético (CV_g (%)), coeficiente de variação entre floradas (CV_f (%)). **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns}: não significativo.

O achatamento da variabilidade proporcionado pelo uso do conceito de graus-dia, comparando se com a caracterização em número de dias para completar o estágio de expansão, segue no mesmo sentido do ocorrido com o estágio de chumbinho, com a diminuição do coeficiente de variação de 64,24% do

número de dias para 35,05% para graus-dia (Tabela 4), comprovando a eficiência da utilização do conceito de graus-dia e a influência da temperatura na duração do estágio de expansão dos frutos.

Tabela 5. Resumo das análises de variância, teste de hipótese (teste F com graus de liberdade ajustados devido à heterogeneidade de variâncias) e parâmetros genéticos para número de dias (D/V), graus dia (GD/V) e balanço hídrico (BH/V) durante o estágio verde (dados transformados para log x).

F. V. ¹	G.L. ²	Quadrados Médios		
		D/V	GD/V	BH/V
Blocos (b)	12	0,01667	0,01518	0,00307
Genótipos (g)	23	0,04298	0,03764	0,00134
Floradas (f)	5	0,41648	0,94574	0,10975
Interação (g x f)	115	0,01153	0,02060	0,00047
Resíduo (e)	276	0,01189	0,02254	0,00058
Média ³		73,87	896,26	17,96
CV _e (%)		5,88	5,12	0,80

F. V.	Teste	Teste de Hipótese					
		D/V		GD/V		BH/V	
		$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴
Genótipos (g)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{23}{78}$	3,73 **	$\frac{23}{52}$	1,83 *	$\frac{23}{93}$	2,83 **
	$\frac{QM_f + QM_b}{QM_b + QM_{gxf}}$	$\frac{5,29}{20,29}$	8,78 **	$\frac{5,24}{33,66}$	20,76 **	$\frac{5,05}{22,93}$	65,97 **
Interação (g x f)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{78}{172}$	0,97 ns	$\frac{52}{110}$	0,91 ns	$\frac{93}{213}$	0,82 ns

Parâmetros Genéticos ⁶	D/V	GD/V	BH/V
	$\hat{\sigma}_g^2$	0,00175	0,00095
$\hat{\sigma}_{gf}^2$	-0,00012	-0,00065	-0,00004
$\hat{\sigma}_f^2$	0,40675	0,9349	0,11105
$\hat{\sigma}_e^2$	0,01189	0,02254	0,00058
h^2	73,16	45,27	64,69
CV _g (%)	2,26	1,05	0,23
CV _f (%)	34,47	33,00	11,07

¹ Fontes de variação; ² Graus de liberdade; ³ dados originais; ⁴ Cálculo da estatística F para o teste da hipótese de nulidade das fontes de variação, presentes no modelo, utilizando as novas estimativas dos quadrados médios da interação e do resíduo computados; ⁵ graus de liberdade do numerador (GLN) e do denominador (GLD) utilizados para testar a estatística F; ⁶ componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), componente de variância da interação genótipo x florada ($\hat{\sigma}_{gf}^2$), variância entre floradas ($\hat{\sigma}_f^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) (h^2 (%)), coeficiente de variação genético ($CV_g(\%)$), coeficiente de variação entre floradas ($CV_f(\%)$). **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F. ns: não significativo.

A variabilidade existente entre as floradas, para o estágio de expansão, foi analisada através de regressão, considerando graus-dia (GD/E) durante o estágio de expansão como variável dependente e precipitação acumulada (P/E) como explicativa. Foi detectado significância ($P \leq 0,032$) para a regressão, pelo teste F, com coeficiente de determinação de 72,11%. Portanto, a disponibilidade hídrica medida pela precipitação acumulada explica grande parte da variabilidade existente entre as floradas para a somatória térmica necessária durante o estágio de expansão (Tabela 2). O sinal positivo da estimativa de inclinação da reta de regressão (Tabela 2) determina que uma menor disponibilidade hídrica leva a diminuição da necessidade térmica para completar o estágio de expansão.

A expressão estimada que explica a relação entre graus-dia e precipitação para o estágio de expansão é:

$$GD/E = 529,11 + (1,32 \times (P/E))$$

Após a expansão dos frutos de café, inicia-se um período em que ocorrerá a formação do endosperma (PEZZOPANE et al., 2003) com a granação dos frutos. Este estágio de granação dos frutos denomina-se verde, que é muito importante na produtividade dos cafeeiros, pois a ocorrência de períodos com deficiência hídrica ou altas temperaturas poderá acarretar em aparecimento de grãos chochos ou frutos com lojas vazias (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Os genótipos analisados neste artigo, apresentaram 73,87 dias em média para completar o estágio verde, o que proporcionou uma soma térmica de 896,26 graus-dia e somatória dos balanços hídricos decendiais durante o período de 17,96 mm (Tabela 5) com uma precipitação acumulada média de 261,33 mm.

Foram obtidos, para o efeito de genótipos, significância ($P \leq 0,05$) das variáveis número de dias (D/V), somatória térmica em graus-dia (GD/V) e somatório do balanço hídrico (BH/V) durante o período do verde (Tabela 5). Os coeficientes de variação experimental (CV(%)) foram, 5,88, 5,12 e 0,80, respectivamente, para as variáveis número de dias, graus-dia e balanço hídrico neste estágio, portanto, apresentaram boa precisão experimental (Tabela 5). A variabilidade genética é confirmada pelos altos valores de herdabilidades estimadas (Tabela 5) para todas as variáveis consideradas. Portanto, como não foi detectada variabilidade genotípica para os estágios de chumbinho e expansão dos frutos, que antecedem este período de granação, a variabilidade genotípica existente entre as cultivares e variedades do

período florada - cereja (Tabela 1), começa a ser definida na duração do estágio verde.

Para o efeito de floradas durante o estágio verde, foram obtidos estatísticas significativas ($P \leq 0,05$), pelo teste F, para as variáveis número de dias, graus-dia e balanço hídrico (Tabela 5). A existência de variabilidade entre as floradas, para estas variáveis é confirmada pelos valores estimados dos coeficientes de variação entre floradas ($CV_i(\%)$), que foram 34,47, 33,00 e 11,07%, respectivamente, para número de dias, graus-dia e balanço hídrico (Tabela 5).

Da mesma forma como ocorreu para o número de dias e graus-dia da florada ao estágio cereja (Tabela 1), no estágio verde, a estimativa da herdabilidade para a variável graus-dia (GD/V) foi menor que a estimada para o número de dias (D/V) (Tabela 5). Este fato demonstra o efeito do achatamento da variabilidade proporcionado pela utilização do conceito de graus-dia, ou seja, a variabilidade genética estimada para o número de dias do estágio verde, que foi de 73,16%, possui um efeito proporcionado pela variação da temperatura que não foi isolado, sem a utilização do conceito de graus-dia.

A variação entre as floradas para a somatória térmica durante o estágio verde foi analisada pela variância dos desvios da regressão (Tabela 2) entre graus-dia acumulado (GD/V) e a precipitação (P/V), considerando, respectivamente, como variável dependente e independente. Foi detectada significância ($P \leq 0,0049$) para a regressão e estimado o coeficiente de determinação de 65,87%, ou seja, grande parte da variabilidade existente entre as floradas em graus-dia é explicada pela maior ou menor disponibilidade hídrica. A inclinação da reta da regressão estimada com sinal positivo proporciona uma relação de menor necessidade térmica para completar o estágio de granação dos frutos com a ocorrência de períodos de deficiências hídricas. A expressão estimada que explica esta relação é:

$$GD/V = 540,04 + (1,36 \times (P/V))$$

Esta expressão estima uma necessidade térmica de 136 graus-dia menor, a cada 100 mm de decréscimo na precipitação em média, para as cultivares utilizadas neste estudo, ou seja, a disponibilidade hídrica influencia sobremaneira no período de granação dos frutos.

Tabela 6. Resumo das análises de variância, teste de hipótese (teste F com graus de liberdade ajustados devido à heterogeneidade de variâncias) e parâmetros genéticos para número de dias (D/VC), graus dia (GD/VC) e balanço hídrico (BH/VC) durante o estágio de verde cana (dados transformados para log x).

F. V. ¹	G.L. ²	Quadrados Médios		
		D/VC	GD/VC	BH/VC
Blocos (b)	12	0,06155	0,07890	0,00004
Genótipos (g)	23	0,01179	0,02546	0,00004
Floradas (f)	5	0,13986	0,29948	0,00214
Interação (gxf)	115	0,01771	0,03912	0,00006
Resíduo (e)	276	0,01649	0,02777	0,00006
Média ³		19,33	178,99	-12,31
CV _e (%)		10,12	7,49	0,26

F. V.	Teste	Teste de Hipótese					
		D/VC		GD/VC		BH/VC	
		$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴	$\frac{GLN^5}{GLD}$	F ⁴
Genótipos (g)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{23}{80}$	0,67 ^{ns}	$\frac{23}{87}$	0,65 ^{ns}	$\frac{23}{61}$	0,59 ^{ns}
Floradas (f)	$\frac{QM_f + QM_b}{QM_b + QM_{gxf}}$	$\frac{6,25}{25,85}$	2,92 ^{ns}	$\frac{5,97}{28,17}$	3,02 ^{ns}	$\frac{5,29}{61,35}$	23,53 ^{**}
Interação (gxf)	$\frac{QM_g}{QM_{gf}}$	$\frac{80}{178}$	1,07 ^{ns}	$\frac{87}{196}$	1,41 ^{**}	$\frac{61}{131}$	1,02 ^{ns}

Parâmetros Genéticos ⁶	D/VC	GD/VC	BH/VC
$\hat{\sigma}_g^2$	-0,00033	-0,00076	0,00002
$\hat{\sigma}_{gf}^2$	0,00041	0,00378	-0,00006
$\hat{\sigma}_f^2$	0,16373	0,33975	0,00275
$\hat{\sigma}_e^2$	0,01649	0,02777	0,00047
h^2	--	--	--
CV _g (%)	--	--	--
CV _f (%)	--	--	1,75

¹ Fontes de variação; ² Graus de liberdade; ³ dados originais; ⁴ Cálculo da estatística F para o teste da hipótese de nulidade das fontes de variação, presentes no modelo, utilizando as novas estimativas dos quadrados médios da interação e do resíduo computados; ⁵ graus de liberdade do numerador (GLN) e do denominador (GLD) utilizados para testar a estatística F; ⁶ componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), componente de variância da interação genótipo x florada ($\hat{\sigma}_{gf}^2$), variância entre floradas ($\hat{\sigma}_f^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) (h^2 (%)), coeficiente de variação genético (CV_g(%)), coeficiente de variação entre floradas (CV_f(%)). **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns}: não significativo.

O estágio de verde cana indica o início da maturação dos frutos e não existem relatos de que esteja relacionado a problemas de grãos, pois no estágio de expansão formou-se a peneira média e no verde ocorreu a granação ou formação do endosperma. É o estágio fenológico do cafeeiro arábico mais curto, pois

apresentou número de dias médio de 19,33 dias, graus-dia médio de 178,99 e balanço hídrico de -12,31, proporcionado por 49,70 mm de precipitação. Portanto, é um estágio bastante rápido e marca o início da maturação dos frutos com a diminuição da disponibilidade hídrica. Portanto, a duração do estágio de verde cana poderá influenciar apenas na duração do período florada – colheita. A análise de variância não obteve significância para as variáveis número de dias (D/VC), graus-dia (GD/VC) e balanço hídrico (BH/VC) com relação a fonte de variação genótipos. Portanto não houve variabilidade genética (Tabela 6). Já para a fonte de variação floradas, foi detectada significância apenas para a variável balanço hídrico, mas com a ausência de variabilidade para a duração em número de dias e graus-dia (Tabela 6). Também, não foi possível detectar efeito significativo para a interação entre genótipos e floradas (Tabela 6).

Mesmo que não tenham sido detectadas diferenças significativas entre as floradas para as variáveis número de dias e graus-dia durante o estágio de verde cana, a análise de regressão conseguiu detectar a influência da disponibilidade hídrica na duração deste estágio, pois, foi obtida significância ($P \leq 0,029$) para a regressão entre a precipitação acumulada no período, como variável explicativa e a somatória em graus-dia, como variável dependente, com coeficiente de determinação de 73,22% (Tabela 2). A inclinação da reta com sinal positivo, também, indica para uma diminuição da necessidade térmica para completar o estágio, com a menor disponibilidade hídrica (Tabela 2). A expressão que explica esta relação é:

$$GD/VC = 125,13 + (1,08 \times (P/VC))$$

Esta expressão indica que uma precipitação média de 100 maior retarda o final do estágio de verde cana em 108 graus-dia.

A maturação dos frutos é avaliada normalmente nos programas de melhoramento de café, para fins de seleção e caracterização, através de notas (M) previamente estabelecidas de acordo com as cultivares mais conhecidas. Neste trabalho, também foi realizada esta avaliação com o intuito de analisar a efetividade deste tipo de avaliação, comparando com a caracterização em graus-dia. Foram realizadas também avaliações quanto ao vigor vegetativo (V) e a produtividade (P) das cultivares utilizadas neste estudo para que se possa analisar a influência destas características na exigência térmica e duração do período da florada a maturação plena.

Tabela 7. Resumo das análises de variância para as características maturação dos frutos em notas (M), vigor vegetativo (V) e produtividade (P) (dados transformados para $\log(x)$).

F. V. ¹	GL ²	Quadrados Médios		
		M	V	P
Blocos	2	0,0106	0,0009	0,0180
Genótipos	23	0,0134**	0,0042**	0,0189 ^{ns}
Resíduo	46	0,0023	0,0008	0,0127
Média ³		2,89	7,75	37,53
CVe(%)		10,54	3,15	7,25
Parâmetros Genéticos⁴				
$\hat{\sigma}_g^2$		0,00369	0,00113	0,00424
$\hat{\sigma}_e^2$		0,00076	0,00026	0,00205
h^2		82,90	81,23	32,62
$CV_g(\%)$		13,40	3,78	2,91

¹ Fontes de variação; ² Graus de liberdade; ³ dados originais; ⁴ componente de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (média) (h^2 (%)), coeficiente de variação genético ($CV_g(\%)$); **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns}: não significativo.

As análises de variância ao nível de média de parcelas, apresentaram significância para as variáveis maturação dos frutos avaliada por notas (M) e para vigor vegetativo (V) ($P \leq 0,01$) e não detectou significância para produtividade (P) (Tabela 7). Os coeficientes de variação experimental foram 10,54, 3,15 e 7,25%, respectivamente, para maturação dos frutos (M), vigor vegetativo (V) e produtividade (P), portanto, apresentaram boa precisão experimental (Tabela 7). A ausência de variabilidade genética para produtividade com média de dois anos de 37,54 sc/ha, possibilita a análise da variabilidade para a maturação dos frutos, com as variedades e cultivares apresentando alta produtividade e semelhante entre elas, portanto, não houve influência genética da produtividade na duração do período florada – cereja, bem como na duração dos estádios fenológicos.

O teste de comparação entre médias de Scott & Knott separou as linhagens e cultivares utilizadas nesta pesquisa em três grupos de maturação de acordo com a somatória térmica em graus-dia, do florescimento até o estágio de cereja (GD/F-CE) (Tabela 8). Os três tratamentos da 'IAPAR 59', considerada semi-precoce a precoce, e a 'Colômbia' foram agrupadas juntas, portanto, a única alternativa para precocidade entre estas linhagens e cultivares, além da 'IAPAR 59' é a cultivar 'Colômbia'.

O grupo de genótipos com maturação tardia foi formado pelas variedades 'IPR 108' ('IAPAR-59' x "Catucaí"), IAPAR 00029 ('IAPAR-59' x "Mundo Novo"), 'IPR 102' ("Catucaí"), IAPAR 00014 ["Sarchimor" x (Etiópia" x "Catucaí")], IAPAR – 00031 ("Sarchimor"), IAPAR 77041-66-4 ("Catuaí Sh2,3" F₆), 'IPR 97' ("Sarchimor"), IAPAR 77054 ("Catucaí" F₅), 'IPR 106' ("Icatu"), IAPAR – 00025 ("Sarchimor"), 'IPR 100' ("Catuaí Sh2,Sh3"), 'IPR 105' ("Catuaí Sh2 e Sh3") e as cultivares 'IPR 103' ("Catucaí"), 'IPR 97' ("Sarchimor") e 'Rubi-MG 1192', por não diferirem dos dois tratamentos da 'Catuaí Vermelho IAC 99', considerada tardia (Fazuoli et al., 2002).

Tabela 8. Comparação de médias para as variáveis maturação dos frutos (M), graus dia (GD/F-CE) e número de dias (D/F-CE) da florada ao estágio de cereja e vigor vegetativo (V) em 21 linhagens e cultivares de café arábica.

	M ¹	GD/F-CE ¹	D/F-CE ¹	V ¹
Iapar 59	3,77 a	2537,09 a	203,62 a	7,47 b
Iapar 59	3,63 a	2546,77 a	203,23 a	7,84 a
'Colômbia' ("Catimor")	3,49 a	2585,30 a	206,89 a	6,49 c
Iapar 59	3,57 a	2588,23 a	208,34 a	7,28 b
IAPAR 00013 (F ₃ 'IAPAR-59' x "Catucaí")	3,20 b	2674,53 b	219,51 b	7,31 b
IAPAR – 00027 ("Catucaí")	3,12 b	2681,92 b	220,90 b	7,37 b
'Rubi-MG 1192'	3,08 b	2722,56 c	220,01 b	8,12 a
'IPR 108' T21 ('IAPAR-59' x "Catucaí")	2,87 b	2724,76 c	223,54 b	5,96 c
IAPAR 00029 ('IAPAR-59' x "M. Novo")	2,93 b	2731,15 c	223,24 b	8,29 a
'IPR 102' ("Catucaí")	3,09 b	2733,67 c	222,01 b	8,39 a
IAPAR 00014 ["Sarc" x (Etiópia" x "Catucaí")]	2,93 b	2747,78 c	225,83 b	7,41 b
'IPR 108' T20 ('IAPAR-59' x "Catucaí")	2,82 b	2771,93 c	230,08 c	7,63 a
IAPAR – 00031 ("Sarchimor")	2,39 c	2774,36 c	228,19 c	7,87 a
Catuaí Vermelho IAC 99	2,56 c	2781,64 c	229,54 c	8,15 a
'IPR 108' T21 ('IAPAR-59' x "Catucaí")	2,99 b	2788,93 c	230,68 c	7,09 b
IAPAR – 77041-66-4 ("Catuaí Sh2,3")	2,95 b	2792,24 c	228,57 c	8,12 a
'IPR 97' ("Sarchimor")	3,05 b	2794,11 c	230,08 c	7,96 a
'Catuaí Vermelho IAC 99'	2,59 c	2807,58 c	232,13 c	8,31 a
IAPAR – 77054 F ₅ ("Catucaí")	2,47 c	2814,93 c	235,56 c	7,87 a
'IPR 103' ("Catucaí")	2,35 c	2823,16 c	237,01 c	8,21 a
'IPR 106' ("Icatu")	2,52 c	2831,62 c	235,28 c	7,64 a
IAPAR – 00025 ("Sarchimor")	2,32 c	2843,25 c	235,17 c	8,21 a
'IPR 100' ("Catuaí Sh2,Sh3")	2,34 c	2877,75 c	239,09 c	8,58 a
'IPR 105' ("Catuaí Sh2 e Sh3")	2,45 c	2886,97 c	240,16 c	8,32 a

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, à 5% de probabilidade.

Um grupo de maturação intermediário foi formado pelas variedades IAPAR 00013 (F₃ do 'IAPAR-59' x "Catucaí") e IAPAR – 00027 ("Catucaí") pois diferiram significativamente pelo teste de Scott & Knott, tanto da 'IAPAR 59' como da 'Catuaí Vermelho IAC 99', portanto, são as únicas representantes do grupo de maturação média.

As linhagens e cultivares utilizadas neste estudo possibilitam o escalonamento da colheita em três épocas, pois separaram os genótipos em épocas de maturação precoce, média e tardia. Esforços precisam ser desprendidos nos programas de melhoramento de café no intuito de desenvolver cultivares com maturação mais precoces, para regiões frias e chuvosas e cultivares mais tardias para regiões mais quentes e secas.

Com relação às variáveis maturação dos frutos avaliadas por notas (M) e o número de dias da florada ao estágio cereja (D/F-CE), o teste de Scott & Knott, separou os mesmos tratamentos como maturação precoce, que os separados de acordo com a somatória térmica em graus-dia (Tabela 8), demonstrando boa confiabilidade.

De acordo com a maturação dos frutos avaliadas por notas (M) e classificadas por número de dias do período florada-cereja (D/F-CE), os grupos de cultivares e linhagens com maturação média tiveram a inclusão de outras linhagens e cultivares, além de IAPAR 00013 (F3 do 'IAPAR-59' x "Catucaí") e IAPAR – 00027 ("Catucaí") classificadas de acordo com a necessidade térmica. Portanto, como já discutido anteriormente, a não consideração da temperatura na duração do período florada – cereja, pode superestimar a variabilidade genética existente, como indicado pelos maiores valores de coeficientes de variação estimados, quando é utilizado o número de dias em comparação com graus-dia (Tabelas 1 e 8). Um exemplo da importância do uso do conceito de graus-dia é a comparação da linhagem IAPAR – 00027 ("Catucaí") com a cultivar Rubi-MG1192, que foram separadas, pelo teste de médias (Tabela 8), de acordo com graus-dia, apesar de terem sido classificadas no mesmo grupo de maturação por terem apresentado o mesmo número de dias do florescimento ao estágio de cereja (Tabela 8).

A avaliação dos genótipos através de notas para a maturação dos frutos (M), apesar de ter alguma discordância em separar em grupos de maturação, comparando com a caracterização em graus-dia apresenta ranking das cultivares bastante semelhante. A eficiência da utilização de notas para avaliar a maturação de frutos em café arábica é confirmada pelo coeficiente de correlação genotípica (Tabela 9) significativo e com sinal negativo. O sinal negativo significa que quanto maior a nota de maturação dos frutos, menor a necessidade térmica para completar o período da florada ao estágio cereja, portanto, maior precocidade de maturação.

Tabela 9. Estimativas dos coeficientes de correlação genética entre graus-dia para verde (GD/V) e da florada até o estágio de cereja (D/F-CE) com precipitação durante o estágio verde (P/V) e da florada –cereja (P/F-CE), vigor vegetativo (V) e maturação dos frutos avaliada por notas (M).

	GD/F-CE	GD/V
GD/V	1,0247 ⁺⁺	-----
P/V	--	0,5627 ⁺
P/F-CE	1,0079 ⁺⁺	--
V	0,5300 ⁺	0,6093 ⁺
M	-0,9881 ⁺⁺	-1,0178 ⁺⁺

++, +: significativo a 1 e 5 % de probabilidade, pelo método de bootstrap com 1000 simulações (Cruz, 2006).

Para o vigor vegetativo os genótipos foram separados em três grupos e existe uma relação de maior vigor vegetativo nas cultivares e linhagens mais tardias. Este fato é confirmado pelos coeficiente de correlação genotípico (Tabela 9) significativo, entre somatória térmica em graus-dia para completar a maturação (GD/F-CE) e o vigor vegetativo. Isto pode ocorrer devido às características inerentes aos germoplasmas utilizados no desenvolvimento das linhagens e cultivares, bem como, pode ter alguma causa morfofisiológica como ramificação maior provocando auto-sombreamento e menor temperatura e/ou nutricional, resultando em vigor vegetativo diferentes, devido às cultivares mais precoces realizarem a expansão e granação dos frutos em menor tempo. Mônaco et al. (1971) (apud SIQUEIRA et al., 1985), descrevem que a maturação mais tardia em cafezais pode significar maior eficiência da planta do ponto de vista fisiológico. Estes mesmos autores indicam que, no entanto, esta maturação tardia proporciona, também, maior risco de danos, os quais podem ocorrer nos frutos, por ocasião de geadas.

O estágio verde foi o único que apresentou variabilidade genética, portanto, para as cultivares e linhagens utilizadas nesta pesquisa, este estágio é o responsável pelos diferenciais em exigência térmica entre os genótipos. Esta afirmação é confirmada pelo coeficiente de correlação genética significativo (Tabela 9), estimado entre graus-dia para completar o estágio verde (GD/V) e graus-dia necessário para o período da florada até o estágio de cereja (GD/F-CE).

A variável precipitação acumulada foi apontada como bastante influenciadora da exigência térmica nas cultivares e linhagens de café utilizadas. A análise de desvios da regressão indica a significância a partir de valores fenotípicos, portanto, as estimativas dos coeficientes de correlação genética significativos, entre

a precipitação acumulada e graus-dia para o estágio verde e do período da florada ao estágio cereja (Tabela 9) comprovam esta relação, relacionada agora aos efeitos de origem genética.

4.5. Conclusões

A utilização do conceito de graus-dia na caracterização dos estágios fenológicos para a maturação dos frutos em café arábica é eficiente, mas não pode ser considerada isoladamente da disponibilidade hídrica.

Existe forte influência da disponibilidade hídrica na exigência térmica das cultivares para completar os estágios fenológicos de café arábica e, conseqüentemente, afeta a duração do período da florada ao estágio de cereja ou ponto de colheita. Deficiências hídricas aceleram e excedentes hídricos retardam a maturação dos frutos, através da abreviação ou retardamento de todos os estágios fenológicos.

O estágio de fruto verde é o mais responsável pelas diferenças entre os genótipos utilizados, em duração do período florada – cereja.

Não houve interação dos genótipos com as condições climáticas diferentes entre as floradas, ou seja, os genótipos de café arábica respondem igualmente às variações do clima.

A utilização de notas na avaliação da maturação dos frutos em café arábica é eficiente para avaliar e selecionar genótipos com relação a precocidade de maturação.

Genótipos que possuem maior vigor vegetativo tendem a apresentar época de maturação mais tardia.

Os genótipos foram separados em épocas de maturação precoce ('IAPAR 59' e 'Colômbia'), médio ('IAPAR 00013' e 'IAPAR – 00027') e tardio ('IPR 108', IAPAR 00029, 'IPR 102', IAPAR 00014, IAPAR – 00031, IAPAR 77041-66-4, 'IPR 97', IAPAR 77054, 'IPR 106', IAPAR – 00025, 'IPR 100', 'IPR 105', 'IPR 103', 'IPR 97', 'Rubi-MG 1192' e 'Catuai Vermelho IAC 99').

Agradecimentos

À equipe de Melhoramento de Café do Instituto Agrônomo do Paraná pelo auxílio na execução dos trabalhos, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café e CAPES pelo auxílio financeiro.

4.6. Referências

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

CARVALHO, A.; MEDINA-FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M..M.A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, p.135-183, 1991.

CRUZ, C.D. **Programa GENES** – versão Windows. Viçosa: UFV, 2001. 642p.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: Estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285p.

FAZUOLI, L.C.; MEDINA-FILHO, H.P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O.; SILVAROLA, M. B. Melhoramento do Cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 163-216.

GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA-FILHO, H. P.; GONÇALVES, W.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro XLIII: seleção de cafeeiros resistentes ao bicho mineiro. **Bragantia**, Campinas, v.49, n.2, p.291-304, 1990.

IAFFE, A., PINTO, H., ARRUDA, F.B, QUAGLIA, L, SAKAI, E., PIRES, R.C.M., ASSAD, E. Estimativa de temperatura-base e graus-dia com correção pelo fotoperíodo do florescimento à colheita de café em Campinas, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, II, Vitória, 2002. **Resumos...**, Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2001. 575-581.

JARAMILLO, A.R.; GUZMAN, O.M. Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var Caturra. **Cenicafe**, v.35(3), p.57-65, 1984.

MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; KOGUSHI, M.S.; RIBEIRO, A..M. de A. Caracterização das fases do desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro IAPAR 59. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas, SP, **Anais...** Campinas, 2005. CD-Rom.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres. 1981. 440 p.

ORTOLANI, A.A., PEDRO JR., M.J., CAMARGO, M.B.P., CORTEZ, J.G., PALLONE FILHO, W.J. Regionalização da época de maturação e qualidade natural de bebida do café arábica no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XII, Fortaleza, 2001. **Anais...**, Fortaleza: FUNCEME-SBA, 2001. P. 53-54.

PETEK, M.R.; SERA, T.; ALTEIA, M. Z. Selection for frost resistance in *Coffea Arabica* progenies carrying *C. liberica* var. *dewevrei* genes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.354-361, 2005.

PEREIRA, A.R., ANGELOCCI, L.R., SENTELHAS, P.C., **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba:Agropecuária, 2002. 478 p.

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

PEZZOPANE, J.R M.; PEDRO-JUNIOR, M.J.; PAES DE CAMARGO, M.B.; FAZUOLI, L.C. Temperatura-Base e graus-dia com correção pela disponibilidade hídrica para o cafeeiro 'Mundo Novo' no período florescimento-colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas, SP, **Anais...** Campinas, 2005. CD-Rom.

SALAZAR-GUTIÉRREZ; M.R.; CHAVES-CORDOBA, B.; RIAÑO-HERRERA, N.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; JARAMILLO-ROBLEDO, A. Crecimiento Del fruto de café *Coffea arabica* L. var Colômbia. **Cenicafé**, v. 45(2), p.41-50, 1994.

SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P.H.; MANETTI-FILHO, J. Maturação dos frutos de três cultivares de cafeeiros em Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20(12): 1373-1379, 1985.

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**, v.56, n.1, p.47-58, 1997.

5. CONCLUSÕES GERAIS

A caracterização dos estádios fenológicos de genótipos de café arábica através do conceito de graus-dia é viável e eficiente, porém, deve-se considerar outras variáveis climáticas. Neste estudo ficou comprovado que as exigências térmicas para completar a maturação dos frutos em *C. arábica* é bastante dependente da disponibilidade hídrica. Portanto, a quantidade de água disponível para a planta precisa ser considerada na indicação de cultivares de café para escalonar a colheita, e na realização de recomendações locais topoclimáticas e regionais.

Foi possível caracterizar de acordo com a exigência térmica, as cultivares utilizadas neste artigo, em grupos de maturação precoce, médio e tardio, com disponibilidade hídrica semelhante entre elas.

As cultivares 'Icatu Precoce IAC 3282', 'Mundo Novo IAC 464-12', 'IAPAR 59', 'Rume Sudam IAC1139', 'Costa Rica 95' e 'Colômbia' foram classificadas como cultivares precoces.

O grupo de maturação média é formado pelas cultivares Catucaí 785-15, Catucaiaçu, Villa Sarchi ICAFÉ, Catuaí Rubi, Ouro Verde IAC H5010-5, Sarchimor IAPAR88480-8, Tupi IAC 1669-33 e as variedades 'IAPAR 00013' e 'IAPAR – 00027'.

As cultivares classificadas como tardias foram 'Obatã IAC 1669-20', 'Catuaí Vermelho IAC-99', 'Catucaí Vermelho', 'Sarchimor E9702 III-1-9', 'IPR 103', 'IPR 97', 'Rubi-MG 1192' e as variedades 'IPR 108', IAPAR 00029, 'IPR 102', IAPAR 00014, IAPAR – 00031, IAPAR 77041-66-4, 'IPR 97', IAPAR 77054, 'IPR 106', IAPAR – 00025, 'IPR 100', 'IPR 105'.

Portanto, existe a possibilidade de escalonar a colheita na propriedade em pelo menos três épocas, utilizando cultivares e linhagens resistentes ou suscetíveis à ferrugem.

Todos os estádios fenológicos do cafeeiro, exceto o verde-cana, influenciam na exigência térmica para a maturação dos frutos.

Os estádios fenológicos de chumbinho, expansão, grão verde, verde cana e conseqüentemente a duração da florada até o estágio cereja, são afetados

pela deficiência hídrica. A ocorrência de deficiências hídricas aceleram a maturação dos frutos, através da abreviação de todo os estádios.

A interação entre os genótipos e floradas com condições climáticas diferentes não foi detectada, ou seja, os genótipos de café arábica respondem no mesmo sentido às alterações climáticas.

A utilização de notas para a avaliação da maturação dos frutos em café arábica é eficiente para selecionar materiais com diferenças na precocidade de maturação.

Materiais genéticos que possuem maior vigor vegetativo tendem a possuírem época de maturação mais tardia.

6. REFERÊNCIAS

ARCILA-PULGARÍN, J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; WICKE, H. Application of the extended BBCH scale for the description of the growth stages of coffee (*Coffea* spp.). **Annals of Applied Biology**, v. 141, p.19-27, 2002.

BRUNINI, O., LISBÃO, R.S., BERNARDI, J.B. Temperatura-base para alface "Witthe Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**. Campinas, v. 35, p. 214-219, 1976.

CAMARGO, M.B.P; BRUNINI, O; MIRANDA, M.A.C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.279-292, 1986.

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

CANNEL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In:CLIFFORD, M.N.; WILSON, K.C. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beaverage**. London: Croom Helm, 1985. p.108-134.

CARVALHO, A. Genética e melhoramento do cafeeiro. **Ciência e Cultura**. v.17, n.4, p.549-554, 1965.

CARVALHO, A.; MEDINA-FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M.M.A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**. v.14, n.1, p.135-183, 1991.

CORTEZ, L.G. Aptidão climática para qualidade de bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, 18(187), p.27-31,1997.

FAZUOLI, L. C.; MEDINA-FILHO, H. P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O.; SILVAROLLA, M. B. Melhoramento do Cafeeiro: Variedades Tipo Arábica Obtidas no Instituto Agronômico de Campinas. In: Zambolim L (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. UFV, 2002, p. 163-216.

FERRÃO, M .A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; ROCHA, A. C.; CELIN, E. Avaliação de progênies e cultivares de *Coffea arabica* no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, Vitória, ES, 2001. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/CNP&D-Café, 2001. p. 1272-1278. CDROM

GARÇON, C. L. P.; BARROS, U. V.; MATIELO, J. B. Diferença na maturação dos frutos entre variedades e linhagens de *Coffea arábica*, na região da Zona da Mata de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, Vitória, ES, 2001. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/CNP&D-Café, 2001. p. 100-108. CDROM

GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA-FILHO, H. P.; GONÇALVES, W.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro XLIII: seleção de cafeeiros resistentes ao bicho mineiro. **Bragantia**, Campinas, v.49, n.2, p.291-304, 1990.

IAFFE, A., PINTO, H., ARRUDA, F.B, QUAGLIA, L, SAKAI, E., PIRES, R.C.M., ASSAD, E. Estimativa de temperatura-base e graus-dia com correção pelo fotoperíodo do florescimento à colheita de café em Campinas, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, II, Vitória, 2002. **Resumos...**, Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2002. 575-581.

JARAMILLO, A.R.; GUZMAN, O.M. Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var Caturra. **Cenicafe**, v.35(3), p.57-65, 1984.

MATIELO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Indicação de variedades resistentes à ferrugem, desenvolvidas pelo IBC e MA/PROCAFÉ de acordo com a época de maturação dos frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 27, 2001, Uberaba, MG, **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ/CNP&D – Café, 2001. p. 12-13.

MONTEITH, J.L., ELSTON, J. Climatic constraints on crop production, In: Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J. (eds.) **Plant adaption to environmental stress**. London: Chapman & Hall, 1996. p. 3-18.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres. 1981. 440 p.

ORTOLANI, A.A., PEDRO JR., M.J., CAMARGO, M.B.P., CORTEZ, J.G., PALLONE FILHO, W.J. Regionalização da época de maturação e qualidade natural de bebida do café arábica no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XII, Fortaleza, 2001. **Anais...**, Fortaleza: FUNCEME-SBA, 2001. P. 53-54.

PEREIRA, A.R., ANGELOCCI, L.R., SENTELHAS, P.C., **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. A.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; CHAVES, G. M. Melhoramento genético do Cafeeiro no Estado de Minas Gerais – cultivares lançados e em fase de obtenção. In: Zambolim L (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. UFV, 2002, p. 253-296.

PETEK, M.R.; SERA, T.; ALTEIA, M. Z. Selection for frost resistance in *Coffea Arabica* progenies carrying *C. liberica* var. *dewevrei* genes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.354-361, 2005.

SALAZAR-GUTIÉRREZ; M.R.; CHAVES-CORDOBA, B.; RIAÑO-HERRERA, N.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; JARAMILLO-ROBLEDO, A. Crecimiento Del fruto de café *Coffea arabica* L. var Colômbia. **Cenicafé**, v. 45(2), p.41-50, 1994.

SERA, T.; ALTEIA, M. Z.; PETEK, M.R. (1) Melhoramento do Cafeeiro: Variedades Melhoradas no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). In: Zambolim L (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. UFV, 2002, p. 217-251.

SERA, T.; ALTÉIA, M. Z.; PETEK, M. R.; MATA, J. S. (2) Novas cultivares para o modelo IAPAR de café adensado para o Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

PESQUISAS CAFEEIRAS, 28, 2002, Caxambu, MG, **Trabalhos apresentados...**
Rio de Janeiro: PROCAFÉ/CNP&D – Café, 2002. p. 432.

SERA, T.; GUERREIRO, A. diversificação varietal por maturação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO. Londrina, PR, 1994. **Resumos...**
Londrina, IAPAR, 1994, p.37.

SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P.H.; MANETTI-FILHO, J. Maturação dos frutos de três cultivares de cafeeiros em Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20(12): 1373-1379, 1985.

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**, v.56, n.1, p.47-58, 1997.

VEGRO, C.L.R.; MARTIN, N.B.; MORICOCCHI, L. Sistemas de produção e competitividade da cafeicultura paulista. **Informações Econômicas**, v.30, n.6. 2000.