

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E
BIOQUÍMICAS DE FRUTOS DE DUAS
CULTIVARES DE CAFÉ DE CICLOS DE
MATURAÇÃO PRECOCE E TARDIO**

SOLANGE APARECIDA SÁGIO

2009

SOLANGE APARECIDA SÁGIO

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE
FRUTOS DE DUAS CULTIVARES DE CAFÉ DE CICLOS DE
MATURAÇÃO PRECOCE E TARDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Antonio Chalfun Júnior, PhD

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ságio, Solange Aparecida.

Características fisiológicas e bioquímicas de frutos de duas
cultivares de café de ciclos de maturação precoce e tardio / Solange
Aparecida Ságio. – Lavras : UFLA, 2009.

46 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Antonio Chalfun Júnior.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Desenvolvimento. 3. Maturação. 4. Etileno.
5. Respiração. 6. Frutos climatéricos. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 583.52041
– 633.733

SOLANGE APARECIDA SÁGIO

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE
FRUTOS DE DUAS CULTIVARES DE CAFÉ DE CICLOS DE
MATURAÇÃO PRECOCE E TARDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 20 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

DAC-UFLA

PhD Carlos Henrique S. de Carvalho

EMBRAPA CAFÉ

Prof. Antonio Chalfun Júnior, PhD

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

*“Feliz o homem que persevera na sabedoria,
Que se exercita na prática da justiça,
E que, em seu coração, pensa no olhar de Deus que tudo vê.”
(Eclesiástico 14, 22)*

Meus Agradecimentos...

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e especialmente ao Setor de Fisiologia Vegetal, pela oportunidade de realização da pós-graduação e

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores, funcionários e alunos do Setor de Fisiologia Vegetal, que de alguma maneira contribuíram para realização deste trabalho, em especial ao Evaristinho, que me auxiliou nas coletas.

Ao André, que trabalhou comigo em cada passo deste experimento, obrigada!

Ao meu orientador, Antonio Chalfun Junior, por me ouvir tanto, e me auxiliar em todos os aspectos na condução deste trabalho, muito obrigada!

Aos membros da banca, Carlos Henrique e Luiz Carlos, pela colaboração

Ao Professor Flávio Meira Borém, pela grande ajuda.

A todos da fundação Procafé.

Ao Departamento Ciências dos Alimentos.

Ao Departamento de Química, especialmente ao Professor Mario Guerreiro

A todos do Laboratório Central de Biologia Molecular – LCBM

... em especial.

A Deus, Senhor do tempo e da vida, por proporcionar tantos momentos de aprendizado, intelectual e espiritual.

Ao Dr. Antonio Paulino da Costa Netto, responsável por meus primeiros passos na pesquisa, obrigada pelo incentivo e principalmente por acreditar em mim.

À minha mãezinha querida, que me apóia incondicionalmente e mesmo distante sempre ora e torce por mim quero dizer: - Mãe muito obrigada por eu ter me tornado a pessoa que sou.

A quem já não está comigo, mas sempre esteve presente, meu querido pai, que conseguiu me preparar tão bem para a vida.

À minha irmã e companheira Vânia pelo carinho e amizade e o meu sobrinho Ícaro, minha alegria.

À Liana e ao Juquinha, amizade eterna e verdadeira, meus companheiros de virada.

As minhas queridas amigas, Deby, Si, Dri, Dani, Tha, Thata, Marova e Helena apoio e alegria sempre.

A todos os meus queridos tios, tias e primos, meu agradecimento pela força e alegria que, como família, sempre me proporcionou.

Ao meu bem João Paulo e a todos da família Felicori e Carvalho, pela acolhida em Lavras e por tantos momentos felizes.

As “culegas” da T@k Suerlani e Emanuelle, pelo convívio e apoio.

Aos amigos do GPP, pelos momentos preciosos de oração e partilha.

A toda a turma do taekwondo, que me ajudou a pôr toda energia para fora.

As duas: Manu e Mel, sem vocês esse mestrado não teria “graça”, meu muito obrigada pelos momentos de descontração, amizade, pelo auxílio no experimento e pelas experiências trocadas.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEORICO.....	3
2.1 O fruto.....	5
2.2 Maturação dos frutos	8
2.2.1 Atividade respiratória em frutos	10
2.2.2 Etileno e sua relação com o amadurecimento de frutos.....	13
2.2.3 Enzimas chaves do metabolismo do etileno e seus receptores	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Condições experimentais	17
3.2 Características avaliadas	19
3.2.1 Crescimento	19
3.2.1.1 Vegetativo.....	19
3.2.1.2 Reprodutivo	19
3.2.2 Coloração.....	19
3.2.3 Respiração e etileno	20
3.2.4 Análise estatística	21
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	22
4.1 Crescimento	22
4.2 Coloração.....	26
4.3 Respiração e etileno.....	29
5 CONCLUSÕES	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS	44

RESUMO

SÁGIO, Solange Aparecida. **Características fisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de café de ciclos de maturação precoce e tardio**. 2009. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Um dos aspectos que influenciam na produção do café é a desuniformidade na maturação, pois além de dificultar a coleta, aumenta os custos e gera uma bebida de baixa qualidade. Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar duas cultivares de café com características distintas quanto à maturação dos seus frutos: Catucaí 785-15, que apresenta uma maturação precoce dos seus frutos e Acauã, que é conhecida por apresentar uma maturação tardia dos seus frutos. As cultivares estão implantadas na Fazenda Experimental da Fundação Procafé, na cidade de Varginha-MG, onde os frutos foram coletados, sendo o intervalo entre coletas de aproximadamente 30 dias, no período de janeiro a junho de 2008. O experimento foi montado em DIC, em esquema fatorial. Para acompanhar o desenvolvimento vegetativo, fez-se contagem do número de entrenós, e para o desenvolvimento do fruto utilizou-se massa seca, massa fresca e umidade de 100 frutos. Avaliou-se também a produção de etileno nos frutos após a colheita bem como a taxa respiratória através do cálculo de CO₂ liberado após uma hora, tempo que 16 frutos permaneceram em frascos de 50 mL hermeticamente fechados. A leitura de etileno foi feita em cromatografia gasosa e o CO₂ foi medido através de um analisador eletrônico de CO₂. Foram também avaliadas, através de um colorímetro, a coloração de frutos verdes, amarelos, vermelhos, passa e seco em cada coleta. Os resultados obtidos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e feito o teste de regressão. A cultivar Catucaí 785-15 apresentou maturação mais uniforme quando comparada a cultivar Acauã, que aos 184 DAF apresentava 24% de frutos na coloração verde, enquanto Catucaí 785-15 apresentava apenas 13% demonstrando a precocidade desta cultivar, que atingiu 89 % de frutos no estágio cereja aos 214 DAF. O estágio cereja também foi caracterizado com a elevação na taxa respiratória e no perfil de produção de etileno apresentados nesta cultivar, o que pode indicar uma maturação dependente de etileno.

¹ Orientador: Antonio Chalfun-Júnior – UFLA

ABSTRACT

SÁGIO, Solange Aparecida. **Physiological and biochemical characteristics of two coffee cultivars of early and late ripening stages**. 2009. 46 p. Dissertation (Master in Plant Physiology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

The asynchronous ripening of coffee fruits plays an important role on coffee production and it leads to higher costs, harvest difficulties and to a low quality beverage. This study aimed at to assess two coffee cultivars with distinct fruit ripening patterns: Catucaí 785-15, which shows an early fruit ripening process and Acauã, which is known by its late fruit ripening. The coffee trees used to realize this experiment are localized at the Experimental Farm of the Procafé Foundation, in Varginha-MG where the fruits were harvested, within a period of about 30 days between each harvesting, from January to June/2008. The experiment was plotted in a entirely randomly design, on a factorial arrangement. In order to follow the vegetative development, internodes counting was performed and to assess the fruit development, the moisture and flesh and dry matter' weights of the 100 fruits were taken. The ethylene production post harvest was also analyzed as well as the respiration rate which was obtained from the CO₂ released within an hour, period which 16 fruits were kept in 50 mL tubes hermetically closed. The ethylene samples were evaluated by gas chromatography and the CO₂ was measured by a CO₂ electronic analyzer. It was also analyzed, using a colorimeter, the percentage of green, yellow, red, dark-red and dry fruits in each harvest. The results were submitted to a variance analysis (ANOVA) and the regression test was performed. The Catucaí 785-15 cultivar had a better vegetative and fruit development compared to the Acauã cultivar which at 184 DAF had 24% of fruits on a green coloration, while Catucaí 785-15 showed only 13% of its fruits on this color stage, demonstrating the earliness of this cultivar, whose 89% of fruits in the cherry stage were found at 214 DAF. The cherry stage was also characterized by an increase in the respiration rate and on the ethylene production pattern of the Catucaí 785-15 cultivar, what may indicate an ethylene dependent ripening process.

¹ Adviser: Antonio Chalfun-Júnior – UFLA

1 INTRODUÇÃO

O café pertence à família botânica Rubiaceae, a qual tem cerca de 600 gêneros e mais de 8.000 espécies. O gênero *Coffea* é o mais importante economicamente, tendo aproximadamente 100 espécies, sendo que as duas espécies mais importantes *Coffea arabica* L. (café Arábica), que representa mais de 69 % da produção mundial, e *Coffea canephora* P. (café Robusta), com 31 %, pois devido as diferenças na composição química dos grãos o café robusta apresenta uma bebida de menor qualidade em relação ao arábico. As demais espécies de café não possuem valor comercial, mas são muito utilizadas em programas de melhoramento, por serem mais resistentes a doenças.

O café é um produto agrícola cuja qualidade final do grão beneficiado é resultado da interação de vários fatores, tais como condições climáticas, manejo (adubação, tratamentos fitossanitários, estágio de maturação dos frutos) cuidados na colheita e manuseio, secagem, beneficiamento e armazenamento. Cada vez mais a pesquisa tem se empenhado em controlar, entender e melhorar cada um dos aspectos que influenciam na qualidade de bebida do café, no entanto a desigualdade na maturação dos frutos é praticamente inevitável em condições naturais, já que o café apresenta também uma florada desuniforme, podendo haver mais de uma florada, dependendo das condições climáticas da região.

A diferença de maturação existente entre os frutos além de ser um fator que dificulta a colheita prejudica também a qualidade final do produto. Através do melhoramento genético convencional, tem-se conseguido cultivares de café bastante precoce, no entanto, pouco se sabe a respeito dos fatores que influenciam para a presença desta característica.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi acompanhar a maturação de duas cultivares de café, sendo que uma apresenta maturação tardia e a outra precoce. Com isso avaliou-se algumas características importantes para o processo de amadurecimento, como a produção de etileno e a taxa respiratória desses frutos após a colheita. Na literatura existem poucos trabalhos que descrevem o perfil respiratório apresentado por frutos de café, no entanto muitos autores afirmam ser o café um fruto climatérico, mas ainda existe pouca consistência para esta afirmação. Assim, a caracterização destes aspectos em cultivares com perfis diferentes de maturação é o passo inicial para um melhor entendimento do processo de maturação em frutos de café.

2 REFERENCIAL TEORICO

O processo de desenvolvimento de um vegetal se resume em uma fase vegetativa e outra reprodutiva que termina com a senescência. A maioria das plantas floresce na primavera e se reproduzem no mesmo ano, ou seja, completam o seu ciclo em um ano, já o cafeeiro necessita de dois anos para completar o ciclo de desenvolvimento, a sua fenologia. Para facilitar o entendimento sobre a fenologia do cafeeiro foram propostos alguns esquemas que dividiam estes dois anos em fases, sendo o mais utilizado o proposto por Camargo & Camargo (2001) que divide a fenologia do cafeeiro em 6 fases, como mostrado abaixo:

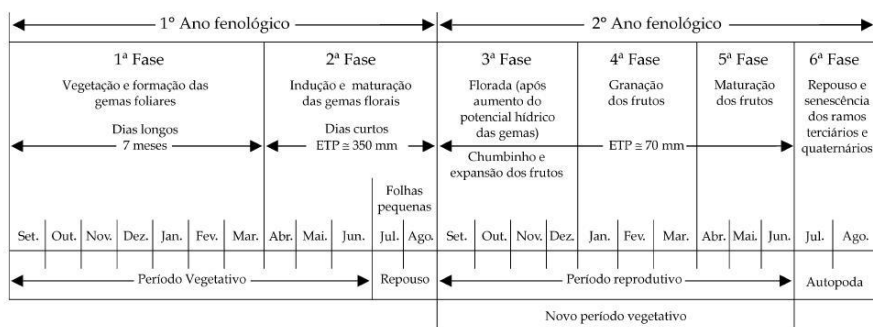


FIGURA 1 Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil (Camargo & Camargo, 2001).

O primeiro ano se divide em duas fases, a fase 1 é caracterizada pelo crescimento vegetativo e também formação das gemas foliares, ela ocorre nos meses de setembro a março. Já na fase 2 ainda do primeiro ano ocorre a

preparação das gemas florais, passando pela indução, desenvolvimento das gemas, maturação e dormência, isso se dá nos meses de abril a agosto, neste período ocorre a diferenciação das gemas foliares (vegetativas) a gemas florais. Assim com as gemas florais preparadas o cafeeiro inicia o seu segundo ano fenológico, que seria a fase 3 onde ocorre a florada ou antese, após um aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras, e logo se dá a expansão dos frutos, entre setembro a dezembro (Gouveia, 1984). Uma florada principal acontece quando se verifica um período de restrição hídrica, seguido de chuva, irrigação ou mesmo um acentuado aumento da umidade relativa do ar (Camargo & Franco, 1985; Rena & Maestri, 1985; Silva et al., 2005). Já a fase 4 seria a granação dos frutos entre janeiro e março, onde ocorre uma completa expansão dos frutos; em abril até junho ocorre o processo de maturação destes frutos, que seria a fase 5, onde ocorre um pequeno aumento no tamanho dos frutos e pode-se perceber a mudança completa de coloração dos mesmos, aproximadamente 24 a 34 semanas após a antese a maturação está completa, ou seja, as sementes estão formadas (DaMatta et al., 2007); e finalmente a fase 6 com a senescência que vai de julho a agosto, onde ocorre a autopoda, que é a morte dos ramos produtivos.

Segundo Camargo (1985), nos estádios fenológicos de vegetação, formação do grão e maturação uma deficiência hídrica severa pode afetar a produtividade. No entanto, uma deficiência hídrica entre julho e agosto, período que antecede à antese, pode se tornar benéfica, favorecendo uma florada mais uniforme já nas primeiras chuvas de setembro. Todo este processo está diretamente relacionado com as condições do ambiente e também com a variabilidade genética da cultivar. A iniciação floral é acelerada pela entrada do período seco, quando as taxas de crescimento vegetativo começam a decrescer. Dessa forma, o crescimento da parte aérea, que ocorre durante todo período

chuvoso, proporciona o crescimento dos ramos em cujos nós desenvolver-se-ão botões florais que definirão a produção do ano seguinte (Rena & Maestri, 1985).

O cafeeiro também apresenta uma característica importante, que é a bienalidade de produção. A produção bienal do cafeeiro foi definida por Gouveia (1984) como sendo consequência da interação de dois eventos. Primeiramente, produções elevadas acarretam a redução do crescimento vegetativo através da exaustão de reservas, restrição da atividade dos ápices em crescimento, redução da emissão de novos ramos laterais e diminuição da atividade do sistema radicular. Esses fatores limitam a quantidade de meristemas axilares disponíveis para a formação de inflorescências. Em segundo lugar, a presença dos frutos atrasa e restringe a diferenciação das gemas florais, provavelmente devido à ação combinada de fatores hormonais e nutricionais, mas isso ainda não está bem definido.

Nos anos de grande produção, os frutos em crescimento são um forte dreno, absorvendo a maior parte da atividade metabólica da planta, reduzindo o desenvolvimento vegetativo. Assim a energia produzida no período seguinte é mais direcionada à sua recomposição do que à produção de frutos. Como o desenvolvimento dos frutos do cafeeiro se dá na parte nova dos ramos do ano anterior há, portanto, uma produção menor no ano subsequente ao de elevada produção (Gouveia, 1984; Meireles, 2004).

2.1 O fruto

O fruto do café é considerado uma drupa de formato ovóide proveniente de um ovário bilocular. Esses dois lóculos abrigam normalmente duas sementes, que são chamadas de grãos chatos, mas pode ainda um único óvulo ser fecundado e desenvolver apenas uma semente que ocupará todo espaço do ovário se tornando um grão ovóide conhecido como grão moca.

Em café o desenvolvimento dos frutos até a formação das sementes é um processo longo, caracterizado por mudanças e evoluções nos tecidos. Este período pode variar de seis a oito meses após a florada e essa variação leva em consideração fatores genéticos e climáticos (DaMatta et al., 2007). Após a fecundação, começa o crescimento do fruto, pela divisão e alongação das células do perisperma (0 a 90 Dias Após a Florada = DAF), um tecido transitório que será substituído progressivamente pelo endosperma. O perisperma é constituído de células esclerenquimáticas, remanescentes do tecido nucelar. Com o crescimento do fruto (150 a 200 DAF), este tecido começa a dar lugar ao endosperma, que ficará envolto pelo que sobrou do perisperma o que chamamos de película prateada. O endosperma é o principal tecido de reserva ocupando o maior volume da semente, desse modo, durante a maturação este tecido endurece devido ao acúmulo gradual de proteínas de reserva, sacarose, polissacarídeos complexos e compostos fenólicos. Durante a maturação, ocorre também alteração da cor do pericarpo (Pezzopane et al., 2003; Castro & Marraccini, 2006).

O pericarpo é composto por exocarpo, mesocarpo e endocarpo. O exocarpo ou casca é a camada externa do fruto, composto basicamente por celulose e hemicelulose e os pigmentos clorofilados conferem a cor verde durante as fases iniciais de maturação, estes pigmentos vão sendo substituídos durante a maturação por teores de antocianina, pigmentos que conferem cor avermelhada e ou amarelada, sendo um dos fatores que caracteriza o estágio “cereja” dos frutos (Marín-López et al., 2003). Essa coloração do fruto foi usada por Caixeta (1981) para correlacionar o estágio de desenvolvimento do fruto com o ponto de maturação fisiológica. Analisando o ganho de matéria seca, água e poder germinativo chegaram à conclusão que o ponto de maturação fisiológica das sementes de cafeeiro se encontrava quando os frutos estivessem entre os estádios de “verde-cana” e “cereja”, ou seja, aproximadamente 220 DAF.

O mesocarpo ou mucilagem é uma substância gelatinosa e adocicada, rica em substâncias pécticas, enzimas e açúcares. Em frutos verdes este tecido é rígido e vai se desestruturando durante a maturação, através da ação de enzimas pectinolíticas (Castro & Marraccini, 2006). E finalmente o endocarpo também chamado de pergaminho, é uma estrutura que envolve completamente a semente e é composto basicamente por fibras e hemicelulose (Salazar et al., 1994).

A fenologia do desenvolvimento do fruto foi caracterizada por alguns autores, (Barros et al., 1978; DaMatta et al., 2007; Morais et al., 2008), sendo representada em cinco estádios diferentes. O estádio 1 ou chumbinho, caracterizado por uma baixa taxa de crescimento, porém com uma taxa respiratória elevada, ocorre entre 6 a 10 semanas após o florescimento, onde nesta fase, o aumento se dá principalmente por divisão celular. Estádio 2 é caracterizado pela rápida expansão dos frutos através da expansão celular, onde ocorre um aumento em tamanho e massa fresca, e se determina o tamanho máximo do grão, ocorrendo por volta da 16ª semana. Já o estádio 3 é marcado por um crescimento lento que pode se estender por até 2 semanas, onde o tamanho final do fruto é atingido, mas a matéria seca ainda é baixa. No estádio 4 ou granação, ocorre o enchimento do endosperma, entre a 17ª e 28ª semana, a matéria seca aumenta regularmente, com pequena mudança na matéria fresca. A massa seca é depositada principalmente no grão (sementes), o qual atinge sua massa seca final quando o fruto ainda está verde. A maturidade dos grãos se torna completa quando seu conteúdo máximo de matéria seca é atingido, assim como sua máxima capacidade de germinação. O último estádio é a maturação, onde ocorrem mudanças no pericarpo, tal como o aumento em tamanho e em matéria seca e fresca, se tornando vermelho ou amarelo. A maturação pode se estender por um período de aproximadamente 10 semanas, da 24ª a 34ª semana após o florescimento. O tempo para atingir a maturação é variável entre espécies e também em relação às condições climáticas. Segundo Carvalho et al. (1991) a

espécie *C. arabica* atinge a maturação dos frutos entre 210 a 250 dias após a florada enquanto que para espécie *C. canephora* é entre 300 a 350 dias.

2.2 Maturação dos frutos

A maturação é o estágio de desenvolvimento dos frutos que antecede a senescência, ou seja, é quando o fruto está completamente formado, com suas sementes prontas, apto para ser colhido. Durante o processo de maturação os frutos passam por várias alterações, genes específicos são ativados, ocorrem mudanças na coloração e também alterações químicas e enzimáticas (Castro & Maraccini, 2006).

Neste período, ocorrem algumas mudanças no perfil metabólico. A respiração aumenta durante a maturação, assim como notavelmente o conteúdo de açúcar (Eira et al., 2006). Os açúcares encontrados predominantemente nos grãos de café são basicamente sacarose, seguida de frutose e glicose, porém outros tipos de açúcares em menores quantidades também estão presentes, como rafinose, estaquiose, galactose, arabinose, manose, ribose (Rogers et al., 1999; Privat et al., 2008). A sacarose representa quase o total dos açúcares livres nos grãos maduros de café, porém, o teor pode variar entre espécies. É uma molécula muito importante no processo de desenvolvimento dos vegetais, pois ela atua no descarregamento de fotoassimilados e também é fonte de carbono mantendo o metabolismo da célula e o crescimento da planta. Além disso, em frutos de café, a sacarose é considerada um parâmetro importante na qualidade da bebida, pois é um precursor do sabor e aroma do café. Interações entre açúcares redutores e o grupamento amino de aminoácidos e peptídeos, ou mesmo de proteínas (reação de Maillard) é tida como essencial para o desenvolvimento de aroma. Durante o processo de torração, a quebra da sacarose é o principal contribuinte para a liberação de açúcares redutores, os quais irão reagir com aminoácidos, dando origem a compostos desejáveis, responsáveis pela cor marrom do café (Privat et

al., 2008). Nessas reações também são produzidos compostos voláteis, que apresentam grande efeito no aroma do produto final. Assim, a sacarose é essencial para a qualidade da bebida.

O processo de maturação do café, segundo Carvalho & Chalfoun (1985), inicia-se com o aumento da atividade respiratória e com a síntese de etileno, acompanhado do metabolismo de açúcares e ácidos, degradação da clorofila e síntese de pigmentos responsáveis pela mudança de coloração da casca, que passa de verde à coloração vermelho-cereja ou amarela, além do decréscimo de adstringências e síntese de compostos voláteis, como aldeídos, ésteres, cetonas e alcoóis, que caracterizam o aroma do fruto maduro. A fase final de maturação é conhecida como amadurecimento, sendo a fase de aprimoramento do conjunto de processos que ocorrem desde os últimos estádios de desenvolvimento até as etapas iniciais da senescência. O amadurecimento corresponde basicamente nas mudanças sensoriais, como cor, textura e aroma (Chitarra & Chitarra, 2005).

A textura está diretamente relacionada com a ação de enzimas pectinolíticas, que nessa fase atuam na desintegração das estruturas da parede celular dos frutos. A pectina é uma mistura de polissacarídeos ricos em ácidos galacturônicos que são degradados durante a solubilização e despolimerização da parede do fruto (Brummell et al., 2004). A degradação da pectina em café é acompanhada pelo aumento da atividade das enzimas poligalacturonase (PG) e pectinametiltransferase (PME). Budzinski et al. (2005) verificaram uma baixa atividade da enzima PG em frutos verdes, que foi aumentando durante o desenvolvimento do fruto até atingir a maturação (frutos cereja) e começar o processo de senescência, e a atividade da PME parece estar relacionada com a desmetilação das pectinas, a sua atuação ocorre temporalmente anterior a PG.

2.2.1 Atividade respiratória em frutos

A respiração corresponde às reações oxidativas de compostos orgânicos, como ácidos orgânicos e carboidratos, que são transformados em água e dióxido de carbono, com a produção de energia química na forma de ATP utilizada para a biossíntese de novos compostos (Saquet & Streif, 2002). Além do dióxido de carbono e a água como produtos finais da respiração, certa quantidade de energia na forma de calor também é produzida durante o processo respiratório, a qual é liberada para o ambiente externo. Assim, a respiração é o processo bioquímico que ocorre no interior das células para a formação de energia na forma de ATP e $\text{NADH} + \text{H}^+$ na Glicólise e no Ciclo de Krebs ou de $\text{NADPH} + \text{H}^+$ e açúcares de 4, 5 e 7 carbonos na Rota das Pentoses (Saquet & Streif, 2002). Nestas rotas respiratórias, os carboidratos são oxidados a CO_2 , enquanto que a maior parte da energia na forma de $\text{NADH} + \text{H}^+$ é convertida em ATP na cadeia respiratória e O_2 para formar H_2O , em oxidases terminais, como a citocromo c oxidase e a ubiquinol oxidase. A respiração é o principal processo fisiológico envolvido na fisiologia pós-colheita (Calbo et al., 2007).

A taxa de respiração pode variar dependendo das alguns fatores ambientais como temperatura, concentração de gás carbônico e oxigênio e também em relação a tecidos e órgãos, pois quanto maior for a intensidade metabólica geral de um tecido maior será a sua taxa respiratória, como por exemplo, gemas em desenvolvimento. Quando um tecido vegetal atinge a maturidade, sua taxa respiratória tende a permanecer relativamente baixa e constante ou a diminuir vagarosamente à medida que o tecido entra em senescência (Taiz & Zeiger, 2004). No entanto, este perfil pode ser diferente em alguns casos, como por exemplo, durante o fenômeno conhecido como climatério dos frutos, no qual há uma elevação drástica da taxa respiratória.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o termo climatério pode ser utilizado para caracterizar o total de mudanças que ocorrem durante o período de

amadurecimento de alguns frutos e que é desencadeado pelo fitormônio etileno, sendo a elevação na taxa respiratória uma dessas mudanças. A taxa respiratória é um indicativo da rapidez com que as mudanças ocorrem. Os frutos não climatéricos apresentam amadurecimento mais lento e devem permanecer na planta até o final da maturação, necessitando de um longo espaço de tempo para completar o processo de amadurecimento, pois, não ocorre uma mudança súbita na demanda de energia. Já em frutos climatéricos as mudanças ocorrem rapidamente e por isso necessitam de uma demanda elevada de energia, o que justifica a ascensão na taxa respiratória. E uma característica importante desse grupo de frutos, é que podem amadurecer na planta ou mesmo fora dela, desde que sejam colhidos quando estiverem fisiologicamente desenvolvidos.

No entanto, nem sempre conseguimos afirmar claramente se um fruto é climatérico ou não climatérico, pois há no perfil da taxa respiratória uma grande variação não só entre espécies, mas também entre cultivares. Iwata et al. (1969 apud Chitarra & Chitarra, 2005), dividiram os frutos em 3 tipos de acordo com sua atividade respiratória, relacionando o amadurecimento e a flutuação na produção de gás carbônico, sendo:

- a) Tipo decréscimo gradual: ocorre um decréscimo gradual na taxa de respiração durante o amadurecimento.
- b) Tipo ascensão temporária: a taxa de respiração aumenta temporariamente e o completo amadurecimento ocorre após o pico respiratório.
- c) Tipo pico tardio: apresenta o pico de respiração desde o estágio completamente maturo até o supermaduro. Esta classificação parece ser mais coerente, já que a taxa respiratória durante o amadurecimento varia não somente em espécies, mas pode variar também entre cultivares.

Existem controvérsias sobre a natureza climatérica do fruto de café. Muitos autores afirmam ser o café um fruto climatérico, no entanto poucas pesquisas foram realizadas neste aspecto. Pereira et al. (2005) demonstraram o

aumento na produção do etileno durante os estádios de maturação sendo confirmado com a expressão do gene ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) oxidase da rota de biossíntese do etileno, no entanto não foram feitas relações com a taxa respiratória e outras características determinantes para classificar o café como um fruto climaterico.

A relação entre o climatério respiratório e o pico na produção de etileno, durante o amadurecimento, ainda não foi devidamente elucidado (Lelièvre et al., 1997). Segundo Chitarra & Chitarra (2005) a concentração do etileno nos espaços intercelulares aumenta de forma acentuada nos frutos climatéricos, podendo este aumento anteceder ou não a elevação da respiração. Tem sido sugerido que a habilidade do tecido em responder ao etileno com o aumento da atividade respiratória correlaciona-se com a presença da via alternativa ou via de transporte de elétrons resistentes ao cianeto (HCN).

Os termos respiração resistente a cianeto ou via alternativa são usados para descrever a respiração celular, decorrente da atividade da oxidase alternativa (AOX), que é resistente aos inibidores terminais (cianeto) e inibidores que agem entre os citocromos tipo b e c (antimicina A) (Solomos, 1977). A função da oxidase alternativa ainda não é totalmente conhecida. Alguns trabalhos afirmam que devido à capacidade da AOX aceitar elétrons a partir da ubiquinona, o excesso de elétrons pode ser desviado para a via alternativa em situações onde a cadeia de transporte de elétrons esteja saturada (Moore & Siedow, 1991), sendo um escoamento energético (Lambers, 1985). Outra possível função é em resposta a vários tipos de estresse, já que a síntese da enzima (AOX) é aumentada em situações como ataque de patógenos e baixas temperaturas (Wagner et al., 1995).

2.2.2 Etileno e sua relação com o amadurecimento de frutos

O hidrocarboneto etileno (C_2H_4) é um fitohormônio gasoso, sendo muito importante na fisiologia das plantas, pois atua em vários processos do desenvolvimento vegetal como: germinação, florescimento, senescência, abscisão foliar e na maturação de frutos. Ainda, o etileno atua em resposta a vários tipos de estresse como ataque de patógenos, entre outros. (Yang & Hoffman, 1984; Johnson & Ecker, 1998; Bleeccker & Kende, 2000).

O envolvimento do etileno no processo de amadurecimento tem sido comprovado pelo estudo de plantas geneticamente transformadas, nas quais a inibição da síntese de etileno reduz ou inibe o amadurecimento (Silva et al., 2004). Além disso, plantas com mutações, que comprometem a síntese normal de etileno, apresentam padrões anormais de amadurecimento (Stepanova & Ecker, 2000).

Apesar do efeito evidente do etileno na regulação da maturação de frutos climatéricos, acredita-se que mecanismos reguladores moleculares dependentes e independentes de etileno existam nesses frutos (Lelièvre et al., 1997; Alexander & Grierson, 2002), o que torna esse processo, como um todo, ainda mais complexo. Para descrever os diferentes padrões de biossíntese de etileno, que ocorrem em frutos não-climatéricos e climatéricos, foram propostos dois tipos de sistemas, o sistema I e II, respectivamente (McMurchie et al., 1972). A produção basal de etileno pelo sistema I é baixa e, geralmente, é inibida pela aplicação de etileno exógeno (autoinibição). Esse sistema está presente nos frutos não-climatéricos, em frutos climatéricos que estão na fase pré-climatérica e em tecidos vegetativos. O aumento drástico na síntese autocatalítica de etileno, concomitante com o amadurecimento de frutos climatéricos, representa o sistema II (Alexander & Grierson, 2002). O sistema II opera, exclusivamente, durante o amadurecimento de frutos climatéricos, e durante a senescência de algumas flores, principalmente quando o etileno tem produção autocatalítica. O

amadurecimento normalmente se inicia em uma região do fruto, espalhando-se para as regiões vizinhas pelo processo de difusão livre até que o processo de amadurecimento atinja todo o fruto (Alexander & Grierson, 2002).

O etileno é produzido por uma rota relativamente complexa, utilizando-se da adenosil- L-metionina (SAM) como precursor. No início dessa via metabólica, o aminoácido metionina é convertido a SAM, pela ação da SAM sintetase (EC 2.5.1.6), numa reação que consome energia na forma de ATP (Yang & Hoffman, 1984; Bleeccker & Kende, 2000). Além de participar dessa rota, SAM é um dos principais doadores de grupamentos metil em plantas, sendo, portanto, utilizado como substrato em várias rotas metabólicas, como a síntese das poliaminas espermidina e espermina (Ravanel et al., 1998).

A etapa crucial na rota de síntese do etileno, no entanto, é a conversão de SAM ao aminoácido cíclico não-protéico ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), catalisada pela enzima ACC sintase (EC 4.4.1.14). Juntamente com a produção de ACC, a ação da ACC sintase sobre a SAM produz também 5'-metiltioadenosina (MTA), que é convertida à metionina por meio de uma via de síntese de metionina modificada (Miyazaki & Yang, 1987), conhecida como ciclo de Yang, onde a quantidade de metionona é mantida para a produção do etileno. Na etapa subsequente, o ACC é convertido a etileno, pela ação da ACC oxidase (EC 1.4.3) (Yang & Hoffman, 1984; Bleeccker & Kende, 2000).

Além do etileno, a oxidação do ACC pela ACC oxidase gera CO₂, cianeto (HCN) e água. O ACC pode ser metabolizado, ainda, a ácido N- Malonil ACC, numa reação considerada irreversível sob condições fisiológicas (Yang & Hoffman, 1984). O processo de malonização do ACC pode estar envolvido com a autoinibição da biossíntese do etileno, além de contribuir para a regulação dos níveis de ACC e da taxa de síntese do etileno (Bleeccker & Kende, 2000).

2.2.3 Enzimas chaves do metabolismo do etileno e seus receptores

A conversão de SAM a ACC é uma etapa decisiva e geralmente limitante na rota de biossíntese do etileno (Yang & Hoffman, 1984). Existem várias isoformas de ACC sintase (Jiang & Fu, 2000), que são codificadas por uma família multigênica, sendo cada membro expresso diferentemente em resposta a vários fatores internos e externos. Uma alteração na expressão de genes que codificam para isoformas de ACC sintase foi demonstrada durante a transição entre sistema I e o sistema II de produção de etileno em tomates (Barry et al., 2000). Enquanto a transcrição do gene de tomate LeACS6 ocorre somente durante o sistema I (frutos imaturos), a transcrição de LeACS2 aumenta drasticamente mais tarde, coincidindo com o início da produção autocatalítica de etileno e do amadurecimento (sistema II). Durante o desenvolvimento de frutos climatéricos, diferentes genes para ACC sintase são expressos. Esse comportamento pode explicar as diferenças nas respostas de frutos climatéricos imaturos e maduros a diversos fatores endógenos e exógenos.

Inicialmente acreditava-se que a ACC sintase era a enzima-chave no controle da produção de etileno, atribuindo-se à ACC oxidase uma atividade constante (Yang & Hoffman, 1984). No entanto, o papel da ACC oxidase na regulação da biossíntese de etileno tornou-se evidente (Li et al., 1992). A ACC oxidase é relacionada com os membros da família das oxidases/dioxigenases dependentes de Fe^{2+} . O íon Fe^{2+} parece estar envolvido com a ligação simultânea do ACC com o O_2 , promovendo a transferência de elétrons, que inicia a conversão do ACC a etileno (Rocklin et al., 1999). Para atuar *in vivo* a ACC necessita de ascorbato como substrato. Além disso, acredita-se que o CO_2 , produzido durante o pico climatérico, possa ativar a enzima *in vivo*. (Li et al., 1992).

A ligação do etileno aos receptores ETR (ETHYLENE RECEPTOR) inicia uma cascata de transdução de sinal, que culmina na regulação

transcricional de determinados genes. Os próximos componentes envolvidos na sinalização do etileno têm sido identificados como fatores de transcrição primários (Wang et al., 2002). EIN3, EIL1 (EIN-LIKE1) e EIL2 ligam-se especificamente em elementos primários de resposta ao etileno (PERE) do ERF1 (ETHYLENE-RESPONSE-FACTOR 1), um gene induzido pelo etileno e pertencente à família das proteínas ligadoras de elementos de resposta ao etileno (EREBP) (Solano et al., 1998).

Apesar dos componentes primários da rota de sinalização do etileno serem comum em todas as respostas a esse fitormônio, a exposição ao etileno exógeno ou o aumento na síntese de etileno endógeno nem sempre induzem as mesmas respostas nos diferentes tecidos e estádios de desenvolvimento (Guo & Ecker, 2004). A ligação dos fatores de transcrição primários nos elementos PERE de ERF1, estimula a acumulação de ERF1, que, por sua vez, passa a estimular a transcrição de outros genes (Solano et al., 1998). Em tomate, dos quatro membros da família ERF (LeERF1-4) isolados, LeERF2 parece estar relacionado especificamente com o amadurecimento dos frutos (Tournier et al., 2003). Para a *Arabidopsis thaliana* existem evidências de que a proteína ERF1 também está ligada as respostas a outros hormônios, especialmente respostas de defesa dependentes do ácido jasmônico (Lorenzo et al., 2003). Dessa forma, as rotas de sinalização do etileno e do ácido jasmônico podem estar integradas nas células vegetais.

Durante o processo de amadurecimento vários genes têm sua transcrição iniciada ou aumentada, no entanto, o amadurecimento compreende a regulação de genes tanto de maneira dependente, quanto independente do etileno. Assim a caracterização molecular das regiões promotoras de genes relacionados ao amadurecimento tem permitido um avanço considerável no entendimento da regulação desses genes e do papel que o etileno desempenha na transcrição (Alexander & Grierson, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições experimentais

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Fundação Procafé em Varginha, localizada no sul de Minas Gerais com latitude 21°34' 00'' e longitude 45° 24' 22'', com altitude média de 1000 m. O clima é tropical de altitude (Cwa) segundo Koppen, clima mesotérmico úmido com inverno seco, temperatura média no mês mais frio de 16° C (julho) e 23° C média do mês mais quente (fevereiro). O solo é de textura argilo arenosa e estrutura granular pequena, formando os agregados que se apresentam com pouca porosidade, ausência de cerosidade e boa permeabilidade, solo profundo e ausência de pedregulhos, pH baixo e altos teores de Al.

Foi avaliado o ciclo de maturação dos frutos das seguintes cultivares:

Acauã, proveniente do cruzamento entre Sarchimor e Mundo Novo, possui porte baixo, alto vigor, resistente a ferrugem, tolerante a seca, apresenta boa produtividade e maturação tardia e;

Catucaí 785-15, que surgiu do cruzamento entre Catuaí e Icatu, e possui como características resistência à ferrugem, boa produtividade e maturação precoce. Estas duas cultivares foram escolhidas porque apresentam características distintas em relação a sua maturação.

As cultivares foram plantadas no ano de 2000 com espaçamento de 3,5 x 1,0m. A florada principal do período de avaliação ocorreu em 29 de outubro de 2007.

As médias de temperatura e precipitação nos meses de coleta foram obtidas no site da Fundação Procafé, e a representação gráfica desses valores é demonstrada nas Figuras 2 e 3. Para o acompanhamento das características

químicas e físicas do solo, foram realizadas análises de solo na área que compunha cada repetição em todas as épocas de coleta.

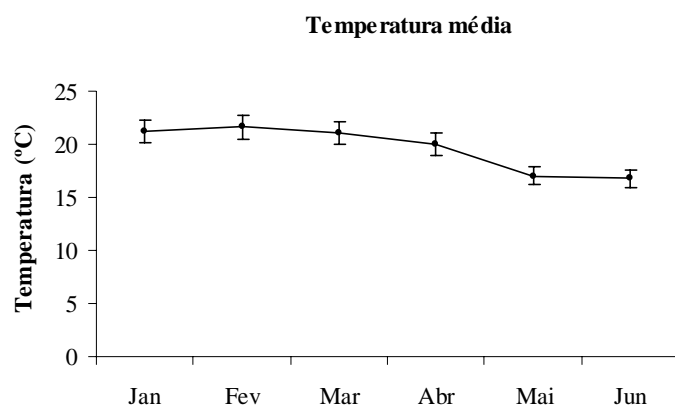


FIGURA 2 Representação gráfica da temperatura nos meses de Janeiro a Junho de 2008. Fonte: Fundação Procafé (2008).

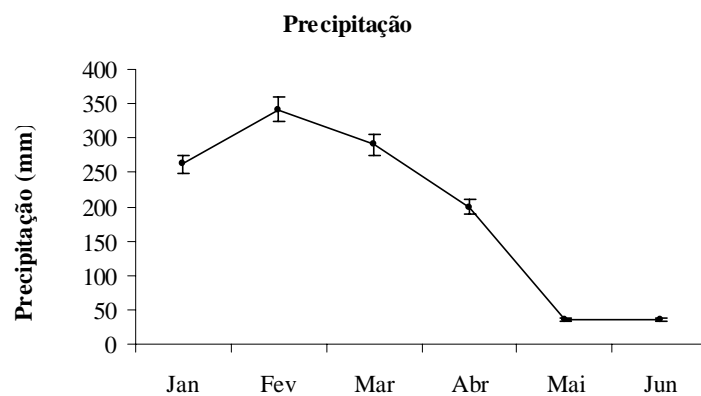


FIGURA 3 Representação gráfica da precipitação nos meses de Janeiro a Junho de 2008. Fonte: Fundação Procafé (2008).

3.2 Características avaliadas

As coletas foram realizadas no período de fevereiro a junho de 2008. Foram coletados frutos de cada cultivar, nos diferentes estádios de maturação, com intervalo de, aproximadamente, 30 dias, ou seja, aos 94, 124, 154, 184, 214 e 244 dias após a floração (DAF), totalizando-se 6 coletas.

3.2.1 Crescimento

3.2.1.1 Vegetativo

O crescimento vegetativo foi avaliado mediante a contagem do número de entrenós. Foram utilizadas 6 repetições, cada uma com 3 plantas por parcela, totalizando 18 plantas por cultivar. Foram marcados 4 ramos, no terço médio de cada planta.

3.2.1.2 Reprodutivo

Foram coletados frutos dos 4 quadrantes de cada planta, e foram separados aleatoriamente 100 para a pesagem e obtenção de massa fresca e massa seca (g), umidade (%), e quantidade (%) de frutos verdes, amarelos, vermelhos, secos e passa em cada coleta. Essas avaliações foram realizadas no laboratório da Fundação Procafé.

3.2.2 Coloração

Para a análise de cor foram separados 10 frutos por parcela com 3 repetições por cultivar. A leitura foi feita com o colorímetro da marca Minolta Ltda., modelo Chroma Meter CR – 3000. Os parâmetros de cor foram: $a^* = -60,0$ (verde) a $+60,0$ (vermelho) e $b^* = -60,0$ (azul) a $+60,0$ (amarelo).

3.2.3 Respiração e etileno

Para estas avaliações os frutos coletados em campo foram levados para o Laboratório de Pós Colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, onde foram aleatoriamente separados e pesados, permanecendo em repouso em temperatura ambiente por, aproximadamente 14 horas, antes das avaliações. Esse intervalo entre a coleta e o início das avaliações foi realizado com o objetivo de padronizar e estabilizar o metabolismo dos frutos.

A respiração foi avaliada pela produção de CO₂ dos frutos. Para isso foram separados 16 frutos por parcela, com 3 repetições por cultivar, os quais foram acondicionados em frascos de 50 mL hermeticamente fechados, por 1 hora, a 22 °C. A leitura da quantidade de CO₂ foi feita através do aparelho PBI Dansensor. Por meio da concentração de CO₂, do volume do espaço livre, do peso dos frutos e do tempo de fechamento, foi calculada a respiração em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

O mesmo procedimento foi adotado para a determinação da produção do etileno. No entanto, após o período de 1 hora, o gás liberado pelos frutos no interior do recipiente, foi coletado com auxílio de uma agulha de ponta dupla e armazenado em tubos a vácuo do tipo Vacutainer®, para posterior leitura em cromatografia gasosa. Foi utilizado o cromatógrafo modelo Shimadzu – GC 2010, com detector de ionização de chamas (FID), nas seguintes condições: Temperatura do injetor = 220°C; Temperatura da coluna 60°C, temperatura do detector = 250°C. A coluna utilizada foi RT-QPLOT de 30 m e 0,32 mm de diâmetro, com temperatura máxima de 250°C. Por meio da concentração de etileno, do peso dos frutos, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo, foi calculada a produção de etileno em µL kg⁻¹ h⁻¹.

3.2.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), num esquema fatorial de 6 x 2, (seis épocas de coleta em duas cultivares) sendo que para os parâmetros produção de etileno e perfil de sacarose foi 5 X 2 e a respiração 4 x 2.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo que para a comparação das médias entre cultivares foi feito o teste de Tukey a 5% de probabilidade e para observar a diferença entre as épocas de coleta para cada cultivar, foi feito o teste de Regressão, através do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1998).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento

Para a variável número de entrenós não houve interação entre as épocas de coleta e as cultivares avaliadas. Houve um aumento no número de entrenós em cada coleta (Figura 4), sendo que o cultivar Catucaí apresentou um maior desempenho em relação à Acauã (Tabela 1).

TABELA 1 Média do número de entrenós para as cultivares Acauã e Catucaí 785-15 durante a frutificação.

Variedades	Médias
Acauã	5,38 b
Catucaí 785-15	5,56 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Não houve interação significativa entre massa seca dos frutos e estágio de maturação (Figura 5). Apesar de não ter havido interação significativa, os frutos da cultivar Catucaí 785-15 apresentaram maior massa seca em relação a cultivar Acauã (Tabela 2).

TABELA 2 Média de massa seca (g) dos frutos nas diferentes épocas de desenvolvimento, para as cultivares Acauã e Catucaí 785-15

Variedades	Médias
Acauã	25,09 b
Catucaí 785-15	26,81 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Em relação à massa fresca, houve interação significativa entre a época de coleta e as cultivares, (Figura 6), sendo que a cultivar Catucaí 785-15 apresentou maior massa fresca em gramas que a cultivar Acauã nas épocas de coleta 2 e 4, ou seja, respectivamente aos 124 e 184 dias após a florada. Neste período, os frutos se encontram em fase de granação, (Castro & Marracine, 2006), fase onde ocorre o acúmulo gradual de proteínas de reserva, sacarose, polissacarídeos complexos e compostos fenólicos. É também nesta fase que o tamanho do grão é definido, através do enchimento do endosperma, onde ocorre um aumento regular da matéria seca, com pequena mudança na matéria fresca (DaMatta et al., 2007). Aos 184 DAF é o ponto que marca a passagem dos frutos verde cana para a fase cereja, atingindo a maturação.

De maneira geral a cultivar Catucaí 785-15 apresentou um maior desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, em relação a cultivar Acauã, isso se deve provavelmente a característica de precocidade desta cultivar.

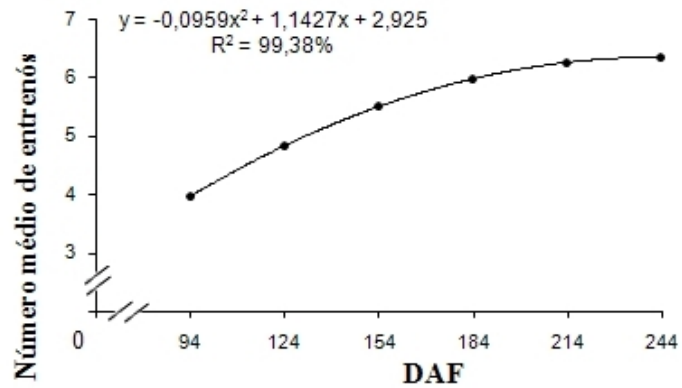


FIGURA 4 Número médio de entrenós em relação às diferentes épocas de coleta, para as cultivares Acauã e Catucaí 785-15, sendo DAF= dias após a florada.

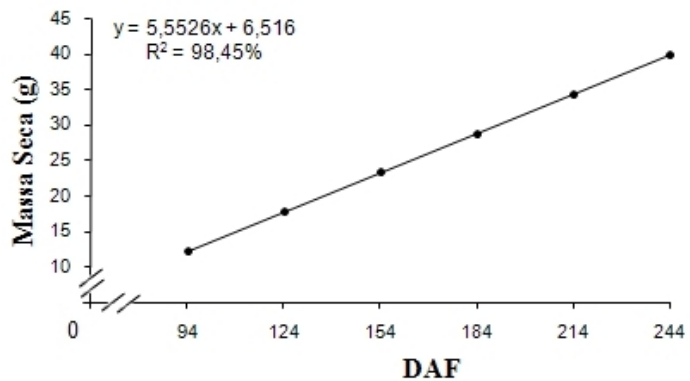


FIGURA 5 Valores médios em gramas (g) de massa seca para as diferentes épocas de desenvolvimento de frutos de cafeeiro.

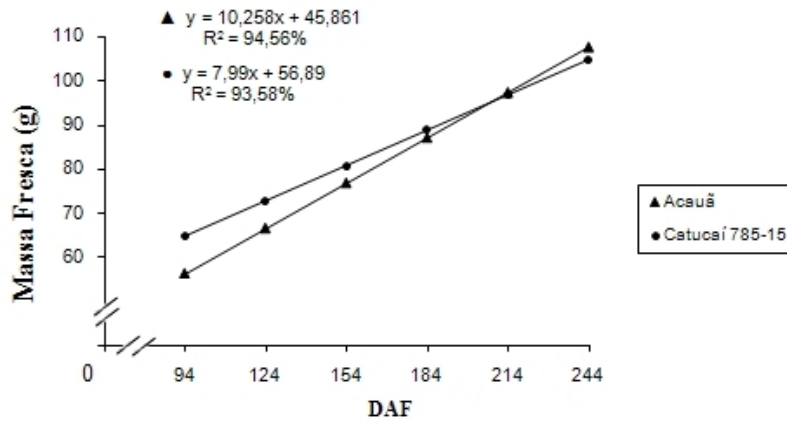


FIGURA 6 Valores médios em gramas de massa fresca de frutos de café, das cultivares Acauã e Catucaí 785-15, nas diferentes épocas de coleta.

Não houve interação significativa para a porcentagem de umidade entre as cultivares. O perfil apresentado (Figura 7) foi de uma máxima porcentagem de umidade em frutos verdes (94 DAF), em torno de 82% tanto para cultivar Catucaí 785-15, quanto para Acauã, decrescendo gradualmente durante o desenvolvimento dos frutos até atingir 63 % umidade, aos 214 DAF, onde os frutos estão na fase cereja, nesta fase atingem a maturidade fisiológica, ocorrendo um acúmulo de matéria seca juntamente com a diminuição no teor de umidade (Chagas & Leite, 2008). Silva & Volpe (2005) avaliaram o desenvolvimento dos frutos de café, cultivar Acaiá, e observaram um modelo sigmóide, identificando 3 fases de desenvolvimento, sendo dos 61 aos 180 dias após a florada, caracterizado por um crescimento acelerado, um aumento constante tanto em tamanho quanto em massa seca e massa fresca, nessa fase o interior de fruto era bastante aquoso, apresentando até os 120 dias após a florada 88 % de umidade, quando começa então, a perder água, ocorrendo o endurecimento do endosperma e formação da semente,esses dados corroborando

com os resultados aqui apresentados. Avaliando-se a relação fonte e dreno em frutos de café em condições de campo, Cunha (2007) apresentou resultados semelhantes, onde aos 90 dias após o florescimento os frutos apresentaram um crescimento de massa seca linear apresentando um valor máximo de 40 g de massa seca aos 240 dias após a florada. Ainda segundo Eira et al. (2006) a acumulação contínua de massa seca em frutos de café é o reflexo do acúmulo de reserva no endosperma, o qual pode ocorrer através da troca de fotoassimilados entre o fruto e a semente. O acompanhamento desses parâmetros pode indicar o estágio de desenvolvimento dos frutos, sendo característico, o decréscimo na umidade e o aumento em massa seca, durante o processo de maturação.

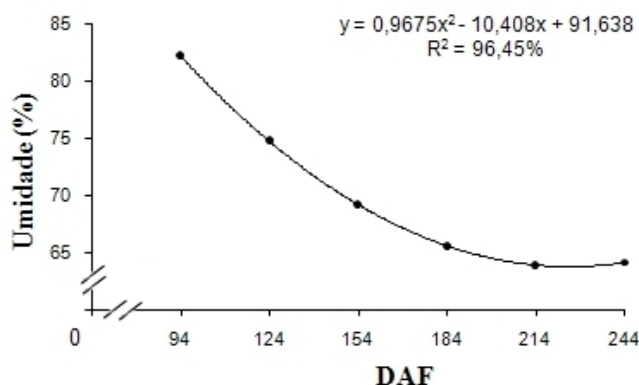


FIGURA 7 Teor médio de umidade de frutos de café, das cultivares Acauã e Catucaí 785-15, em diferentes épocas de coleta.

4.2 Coloração

Os valores de a^* demonstram a passagem dos frutos de coloração verde (valores negativos) para a coloração vermelha (valores positivos), (Figura 8). Houve interação significativa entre as cultivares e as diferentes épocas de coleta.

A cultivar Catucaí 785-15, aos 184 DAF, apresentou maior quantidade de frutos vermelhos em relação a cultivar Acauã, e teve o seu máximo valor de a^* aos 214 DAF, marcando neste período a coloração cereja. O mesmo não foi observado para a cultivar Acauã, que obteve um pico somente aos 244 DAF. O que indica que a cultivar Catucaí 785-15 atingiu a fase cereja de seus frutos 30 dias antes da cultivar Acauã. A coloração cereja é a fase ideal de colheita, onde o fruto está maduro e apresenta assim, uma bebida de melhor qualidade (Pimenta et al., 2000). O fruto no estágio cereja compreende o período no qual os constituintes químicos atingem teores que conferem características peculiares da maturação completa, conduzindo o fruto ao ponto ideal de colheita (Carvalho & Chalfoun, 2000).

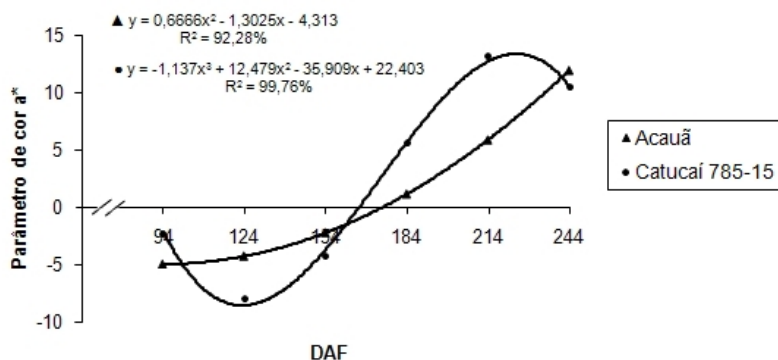


FIGURA 8 Valores do parâmetro de cor a^* das cultivares Acauã e Catucaí 785-15 durante o período de frutificação.

Os valores de b^* representados no gráfico abaixo (Figura 9) demonstram em qual época de coleta os frutos apresentaram uma coloração amarelada. Para este resultado não houve interação significativa, entre as cultivares e as épocas de coleta. De acordo com o gráfico a quantidade de frutos amarelos foi maior entre os 154 e 184 DAF, ou seja, antes do pico apresentado para coloração vermelha (214 DAF), sendo que uma pequena quantidade de frutos amarelos

também é encontrada nesta época (214 DAF), mostrando à desuniformidade existente em frutos de café, apresentando na época de colheita frutos que ainda não atingiram a maturação, o que pode dificultar a colheita e prejudicar a qualidade final do produto.

A coloração dos frutos de café pode ser um parâmetro indicador para a época ideal da coleta, assim como também para a qualidade da bebida, Pimenta & Vilela (2002) avaliaram a qualidade do café colhido em sete épocas, e observaram que em frutos verdes, a baixa qualidade da bebida está relacionada à lixiviação de potássio, maior acidez e a presença acentuada de ácidos clorogênicos, além disso, nesta fase os teores de açúcares ainda são baixos, comparados com os frutos no estágio cereja.

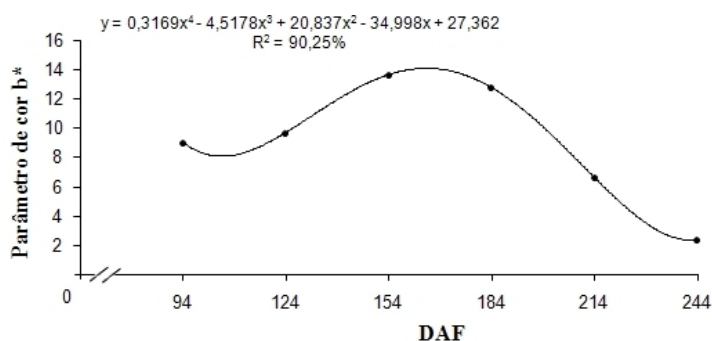


FIGURA 9 Valores do parâmetro de cor b* das cultivares Acauã e Catucaí 785-15 durante o período de frutificação

Com intuito de associar as épocas de coleta com o aspecto visual de coloração dos frutos, avaliou-se a percentagem de frutos verdes, amarelos, vermelhos, passas e secos em cada época de coleta (Figura 10). Aos 184 DAF a cultivar Catucaí 785-15 já apresentava 84 % dos frutos no estágio cereja, época

considerada ideal para iniciar a colheita (Nogueira et al., 2005). Por outro lado nessa mesma época, somente 74,1 % dos frutos da cultivar Acauã encontravam-se no estágio cereja, corroborando informações de que a maturação de seus frutos é mais tardia que a Catucaí 785-15.













ACAUÃ	%						CATUCAÍ 785-15	%					
	DAF	VD	AM	VM	PA	SE		DAF	VD	AM	VM	PA	SE
	94	100						94	100				
	124	95	5					124	92,3	5	2,7		
	154	72,5		27,5				154	58		42		
	184	24,2		74,1	0,7			184	13,1		84	1,7	1,2
	214	6,2		86,5	7,3			214	3,3		89	7	0,7
	244	3		69,1	27,2	0,7		244	1,5		70,2	26,3	2

FIGURA 10 Aspecto visual e percentual de coloração dos frutos em cada coleta. DAF= dias após a florada, VD=verde, AM= amarelo, VM=vermelho, PA=passa e SE=seco.

4.3 Respiração e etileno

Para os dados de respiração não houve interação significativa entre as épocas de coleta e as cultivares avaliadas. A cultivar Catucaí 785-15, apresentou em média uma maior produção de CO₂ (Figura 3), neste período, os seus frutos já apresentavam coloração vermelha (Figura 10).

TABELA 3 Médias de produção de CO₂ (mg de CO₂ kg⁻¹h⁻¹) para as cultivares Acauã e Catucaí 785-15

Variedades	Médias
Acauã	10,56 b
Catucaí	14,69 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O perfil de produção de CO₂ mostra um padrão biológico esperado para frutos climatéricos, já que apresentou uma elevação na taxa respiratória, com um pico de 17 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, observado aos 184 DAF (Figura 11).

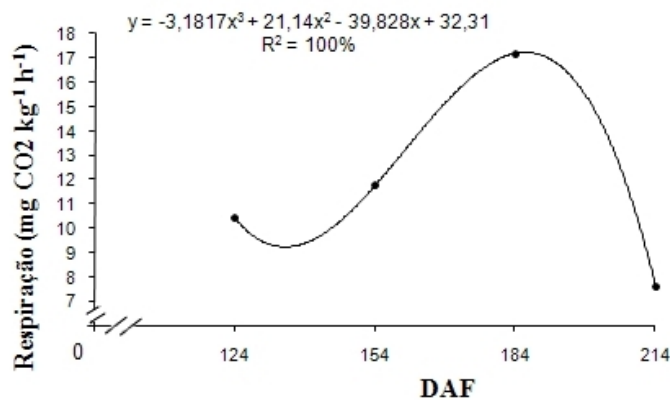


FIGURA 11 Produção de CO₂ em frutos de café colhidos em diferentes estádios de maturação.

Puschmann (1975), tentando caracterizar a respiração em frutos de café avaliou a respiração básica, de fatias de pericarpo do fruto de café, em meio de incubação, também observou resultado semelhante. Foi observada uma queda na taxa respiratória na 22^a semana após a florada seguida de uma elevação até a 26^a

semana (182 DAF), sendo também esta fase, segundo o autor, marcada pela mudança de cor, onde ocorreu a maior quantidade de frutos vermelhos e também uma elevação nos níveis de açúcares solúveis totais. Em trabalho semelhante Cannell (1971 apud Puschmann, 1975) obteve a mesma tendência de curva, com diferença apenas de algumas semanas em termos de idade do fruto, entre os pontos mínimos da curva, provavelmente devido à variação climática e a linhagem utilizada, já que estes dois fatores, genética e ambiente, possuem influência direta no processo de maturação dos frutos.

Marin-Lopez et al. (2003) na Colômbia, avaliando as mudanças químicas e físicas em frutos inteiros de café, obtiveram o mesmo padrão de resposta respiratória durante os estádios de maturação. Estes autores verificaram a natureza climaterica em frutos de café, com um pico na taxa respiratória após 12 horas da colheita desses frutos, em todos os estádios de maturação, tendo aos 217 DAF, quando os frutos estavam iniciando estágio cereja, uma taxa de 11,75 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Para a produção de etileno houve interação significativa entre as cultivares e as diferentes épocas de coleta, sendo que aos 214 DAF, a cultivar Catucaí 785-15 apresentou uma maior média na produção de etileno em relação a cultivar Acauã. A curva de produção de etileno apresentada é característica de frutos climatericos, principalmente para a cultivar Catucaí 785-15, a qual apresentou um pico de produção de etileno aos 214 DAF, semelhante ao observado para a respiração. Este fato pode ser um indicio da sua capacidade em atingir o estágio final de maturação antes do cultivar Acauã.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005) os frutos não climatéricos apresentam uma maturação mais lenta em relação aos climatéricos, já que o aumento na síntese de etileno aumenta a taxa respiratória, a qual é influenciada pela composição dos frutos quando completamente formados e pelas alterações químicas que ocorrem na fase de maturação. De um modo geral, a taxa de

respiração é um indicativo da rapidez com que as mudanças de composição ocorrem. No entanto, o pico de respiração observado nos frutos de café (Figura 11) antecedeu a produção de etileno (Figura 12), fato comum entre algumas espécies que apresentam maturação em resposta ao gás (Biale et al., 1954). O aumento da concentração de etileno em frutos climatéricos pode ocorrer antes do aumento da concentração interna de CO₂, juntamente com o aumento de CO₂ e em alguns frutos a concentração de etileno aumenta depois do aumento da respiração. Kosiyachinda & Young (1975), com intuito de caracterizar a relação da produção do etileno com o pico respiratório avaliou várias espécies tidas como climatéricas e observou em abacate um pico de CO₂ antes da máxima produção de etileno. Isso parece não ser limitante para a resposta das frutas ao etileno. No entanto estudos adicionais devem ser realizados em frutos de café, relacionando outros fatores, como a atividade de enzimas e genes específicos da maturação em frutos climatéricos, essas são características que somariam para a conclusão deste indicativo que a cultivar Catucaí 785-15 tem seu processo de maturação dependente de etileno.

Outro aspecto relacionado com o aumento na produção do etileno é o desverdecimento dos frutos, caracterizado pela diminuição da clorofila, aumento de carotenóides, síntese de antocianinas, antocianidinas e flavonóides, originadas pelo etileno (Rodrigues & Ono, 2001), esses pigmentes darão a cor vermelha ao fruto. Marin-Lopez et al. (2003) quantificaram os níveis de clorofila, carotenóides e antocianinas presentes no pericarpo. Durante a maturação dos frutos (182 a 210 DAF) ocorreu uma queda drástica no conteúdo de clorofila, seguido de um acúmulo de antocianinas (210 a 224). Comportamento semelhante pode ser visualizado na Figura 8, onde aos 184 DAF ocorre a passagem dos frutos verdes para a coloração vermelha, concomitante com o aumento na produção de etileno, atingindo o máximo de frutos vermelhos aos 214 DAF.

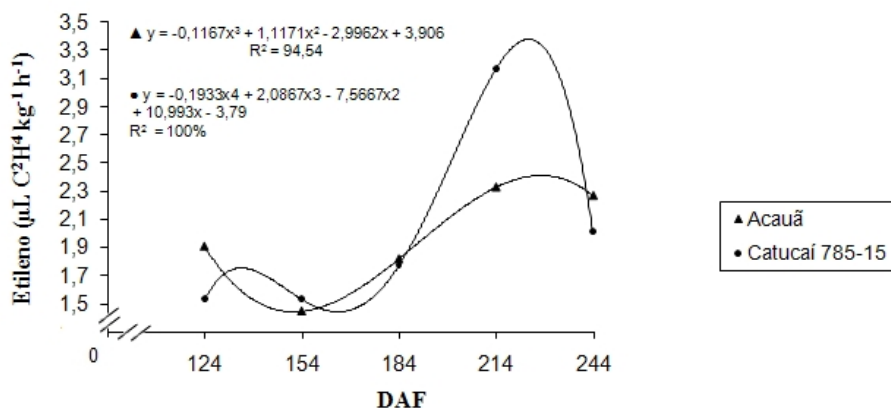


FIGURA 12 Produção de etileno em frutos de café colhidos em diferentes estádios de maturação.

Pereira et al. (2005) associaram o aumento da produção de etileno durante a maturação de frutos de café com a expressão do gene ACC oxidase com um pico na produção de etileno no estágio inicial de maturação. Pezzopane, et al. (2008) avaliando a expressão de genes no desenvolvimento de frutos observaram um aumento significativo na expressão da enzima ACC oxidase nos estádios ovário, expansão e verde cana, para os cultivares Mundo Novo e Catuaí. Todavia, para a cultivar Icatu Precoce os níveis de transcritos foram aumentados na fase de expansão e mantidos até o final do desenvolvimento. Estes autores concluíram que o padrão de expressão dos genes estudados é compatível com o esperado em frutos climatéricos. Porrás-Bustamante et al. (2007) caracterizaram o primeiro gene receptor do etileno ccETR1 em café. Salmona et al. (2008) através da técnica de PCR em tempo real verificaram a expressão de vários genes durante o desenvolvimento de *Coffea arabica*, sendo a expressão do gene ACC oxidase aumentada durante o estágio 5 de maturação (150 a 210 DAF).

Esses resultados corroboram com os que foram obtidos nesta pesquisa, dando-nos indícios de que o etileno é um hormônio responsável pelas mudanças na maturação de frutos de café, no entanto ainda se faz necessárias pesquisas complementares neste aspecto, com o intuito de correlacionar às mudanças que ocorrem na maturação, como aumento na síntese do etileno e a elevação da respiração, bem como, os genes envolvidos na síntese e regulação deste processo, e ainda de que maneira isso ocorre em cultivares que são classificadas em tardias e precoces. O café parece apresentar uma maturação dependente de etileno, e este aspecto pode estar relacionando a uma maturação mais precoce e uniforme, no entanto pode haver uma variação deste aspecto entre cultivares.

5 CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados podemos concluir que:

As análises de umidade, massa seca e coloração dos frutos, são parâmetros importantes para definir o estágio de desenvolvimento dos frutos e identificar a maturação.

A cultivar Catucaí 785-15 apresentou aos 184 DAF, 84 % dos frutos no estágio cereja, enquanto a cultivar Acauã apresentou apenas 74,1 %, corroborando informações sobre a precocidade na maturação de seus frutos, quando comparada com a cultivar Acauã.

As características de frutos climatéricos como a elevação na taxa respiratória e também na produção de etileno foi caracterizada na cultivar Catucaí 785-15, podendo indicar uma maturação mais precoce e dependente de etileno.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 53, n. 377, p. 2039-2055, 2002.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; COONS, M.P. The physiology of flowering in coffee: a review. **Journal of Coffee Research**, Balehonnur, v. 8, n. 2/3, p. 29-73, 1978.

BARRY, C.S.; LLOP-TOUS, I.M.; GRIERSON, D. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 123, p. 979-986, 2000.

BIALE, B.J.; YOUNG, E.R.; OLMSTEAD, A.J. Fruit respiration and ethylene production. **Plant Physiology**, Los Angeles, v. 29, n. 2, p. 168-174, 1954.

BLEECKER, A.B.; KENDE, H. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Wisconsin, v. 16, p. 1-18, 2000.

BRUMMELL, D.A.; CIN, V.D.; LURIES, S.; CRISOTO, C.H.; LABAVITCHA, J.M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, p. 2041-2052, 2004.

BUDZINSKI, I.G.F.; CAÇÃO, S.M.B.; CARNEIRO, C.E.A.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E. **Análise de genes expressos durante estádios finais da maturação de frutos de café**. Londrina: IAPAR, 2005. 5 p.

CAIXETA, I.F. **Maturação fisiológica da semente do cafeeiro cv. Mundo Novo**. 1981. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

CALBO, A.G.; MORETTI, C.L.; HENZ, G.P. **Respiração de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2007. 10 p. (Comunicado Técnico, 46).

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

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

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: MATIELLO, J.B. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café/Ministério da Indústria e Comércio, 1985. p. 19-50.

CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, 1985.

CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M. **Colheita e preparo de café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 36 p.

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

CASTRO, R.D.; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-4202006000100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 jun. 2008.

CHAGAS, S.J.R.; LEITE, I.O. **Alguns aspectos a serem observados na colheita para garantir a produção de um café de melhor qualidade**. EPAMIG, 2008. (EPAMIG. Informe tecnológico, 046). Disponível em: <<http://www23.sede.embrapa.br:8080/aplic/cafenews.nsf/fInfoTec>>. Acesso em: 02 dez. 2008.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CUNHA, R.L. **Crescimento, metabolismo de carbono e partição de assimilados em resposta a manipulação da razão fonte e dreno em *Coffea arabica* L. sob condições de campo.** 2007. 65 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MOACYR MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

EIRA, M.T.S.; SILVA, E.A.; CASTRO, R.D.; DUSSERT, S.; WALTERS, C.; BEWLEY, J.D.; HILHORST, H.W.M. Coffee seed physiology. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 149-163, 2006.

FERREIRA, D.F. **Sisvar** - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Boletins**. 2008. Disponível em: <www.fundacaoprocafe.com.br/boletins.php>. Acesso em: 10 set. 2008.

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

GUO, H.; ECKER, J.R. The ethylene signaling pathway: new insights. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 7, p. 40-49, 2004.

JIANG, Y.; FU, J. Ethylene regulation of fruit ripening: molecular aspects. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 30, p. 193-200, 2000.

JOHNSON, P.R.; ECKER, J.R. The ethylene gas signal transduction pathway: a molecular perspective. **Annual Review of Genetics**, Philadelphia, v. 32, p. 227-254, 1998.

KOSIYACHINDA, S.; YOUNG, R.E. Ethylene production in relation to the initiation of respiratory climacteric in fruit. **Plant and Cell Physiology**, Riverside, v. 16, n. 4, p. 595-602, 1975.

LAMBERS, H. Respiration in intact plants and tissues: its regulation and dependence on environmental factors, metabolism and invaded organisms. In:

DOUCE, R.; DAY, D.A. (Ed.). **Higher plant cell respiration**: encyclopedia of plant physiology (New Series). Berlin: Springer-Verlag, 1985. p. 418-473.

LELIÈVRE, J.-M.; LATCHE, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 727-739, 1997.

LI, N.; ZEEV WIESMAN, D.L.; AUTAR, K.M. A functional tomato ACC synthase expressed in *Escherichia coli* demonstrates suicidal inactivation by its substrate S-adenosylmethionine. **Elsevier Science**, Amsterdam, v. 306, n. 2/3, p. 103-107, 1992.

LORENZO, O.; PIQUERAS, R.; SÁNCHEZ-SERRANO, J.J.; SOLANO, R. ETHYLENE RESPONSE FACTOR1 integrates signals from ethylene and jasmonate pathways in plant defense. **The Plant Cell**, Rockville, v. 15, p. 165-178, 2003.

MARIN-LOPEZ, S.M.; ARCILA, P.S.; MONTOYA, R.C.E.; OLIVEROS, T.C.E. Cambios físicos y durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). **Cenicafé**, Chinchiná, v. 54, n. 3, p. 208-225, 2003.

MCMURCHIE, E.J.; MCGLASSON, W.B.; EAKS, I.L. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. **Nature**, London, v. 237, n. 5352, p. 235-236, 1972.

MEIRELES, E.J.L.; CAMARGO, M.B.P.; FAHL, J.I.; THOMAZIELLO, R.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; NACIF, A.P.; BARDIN, L. **Fenologia do cafeeiro**: condições agrometeorológicas e balanço hídrico – ano agrícola 2002-2003. Brasília: Informação Tecnológica/Embrapa Café, 2004. 43 p.

MIYAZAKI, J.H.; YANG, S.F. The methionine salvage pathway in relation to ethylene and polyamine biosynthesis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 69, p. 366-370, 1987.

MOORE, A.L.; SIEDOW, J.N. The regulation and nature of the cyanide-resistant alternative oxidase of plant mitochondria. **Biochimica et Biophysica Acta**, Brighton, v. 1059, n. 2, p. 121-140, 1991.

MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; KOGUISHI, M.S.; RIBEIRO, A.M.A. Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 257-260, 2008.

NOGUEIRA, A.M.; CARVALHO, S.P.; BARTHOLO, G.F.; MENDES, A.N.G. Avaliação da maturação dos frutos de linhagens das cultivares Catuaí amarelo e Catuaí vermelho (*coffea arabica* L.) plantadas individualmente e em combinações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 18-26, 2005.

PEREIRA, L.F.P.; GALVAO, R.M.; KOBAYASHI, A.K.; CAÇÃO, S.M.B.; ESTEVES, V.L.G. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 283-289, 2005.

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

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO-JUNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P.; FAZUOLI, L.C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, 2008.

PIMENTA, C.J.; COSTA, L.; CHAGAS, S.J.R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, volume especial - café, n. 1, p. 23-30, 2000.

PIMENTA, C.J.; VILELA, E.R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, p. 1481-1491, 2002.

PORRAS-BUSTAMANTE, J.; CAMPA, C.; PONCET, V.; NOIROT, M.; LEROY, T.; HAMON, S.; KOCHKO, A. Molecular characterization of an ethylene receptor gene (*CcETR1*) in coffee trees, its relationship with fruit development and caffeine content. **Molecular Genetics Genomics**, Heidelberg, v. 277, n. 6, p. 701-712, 2007.

PRIVAT, I.; FOUCRIER, S.; PRINS, A.; EPALLE, T.; EYCHENNE, M.; KANDALAFT, L.; CAILLET, V.; CHENWEI LIN, C.; TANKSLEY, S.; FOYER, C.; MCCARTHY, J. Differential regulation of grain sucrose accumulation and metabolism in *Coffea arabica* (Arabica) and *Coffea canephora*

(Robusta) revealed through gene expression and enzyme activity analysis. **New Phytologist**, Lancaster, v. 178, n. 4, p. 781-797, 2008.

PUSCHMANN, R. **Características bioquímicas dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) durante a maturação**. 1975. 35 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RAVANEL, S.; BERTRAND, G.; DOMINIQUE, J.; ROLAND, D. The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 95, n. 13, p. 7805-7812, 1998.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

ROCKLIN, A.M.; TIERNEY, D.L.; KOFMAN, V.; BRUNHUBER, N.M.; HOFFMAN, B.M.; CHRISTOFFERSEN, R.E.; REICH, N.O.; LIPSCOMB, J.D.; QUE, L.J. Role of the nonheme Fe(II) center in the biosynthesis of the plant hormone ethylene. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 96, p. 7905-7909, 1999.

RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Na hora certa. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 30, jul. 2001. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=697>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

ROGERS, W.J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. **Plant Science**, Irlanda, v. 149, n. 2, p. 115-123, 1999.

SALAZAR, G.M.R.; RIANO, H.N.M.; ARCILA, P.J.; PONCED, C.A. Studio morfológico, anatómico y ultraestrutural Del fruto de café *Coffea arábica* L. **Cenicafé**, Caldas, v. 45, n. 3, p. 93-105, 1994.

SALMONA, J.; DUSSERT, S.; DESCROIX, F.; KOCHKO, A.; BERTRAND, B.; JOE T, T. Deciphering transcriptional networks that govern *Coffea arabica* seed development using combined cDNA array and real-time RT-PCR approaches. **Plant Molecular Biology**, Netherlands, v. 66, n. 1/2, p. 105-124, 2008.

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 71-75, 2002.

SILVA, E.A.; MAZZAFERA, P.; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; MATTOSO, L.H.C.; CARVALHO, C.R.L.; PIRES, R.C.M. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Pelotas, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2005.

SILVA, J.A.; COSTA, T.S.; LUCCHETTA, L.; MARINI, L.J.; ZANUZO, M.R.; NORA, L.; NORA, F.R.; TWYMAN, R.M.; ROMBALDI, C.V. Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing an antisense 1-aminocyclopropene-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 263-268, 2004.

SILVA, W.J.; VOLPE, C.A. Crescimento do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Acaia CP/474/19 e suas relações com variáveis meteorológicas em dois sistemas de plantio, no cerrado de Uberaba, MG. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 292-302, 2005.

SOLANO, R.; STEPANOVA, A.; CHAO, Q.M.; ANDECKER, J.R. 'Nuclear events in ethylene signaling: a transcriptional cascade mediated by ETHYLENE-INSENSITIVE3 and ETHYLENE-RESPONSE-FACTOR1'. **Genes & Development**, Switzerland, v. 12, p. 3703-3714, 1998.

SOLOMOS, T. Cyanide-resistant respiration in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 279-297, 1977.

STEPANOVA, A.N.; ECKER, J.R. Ethylene signaling: from mutants to molecules. **Plant Biology**, London, v. 3, p. 353-360, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Respiração e metabolismo de lipídios. In: _____. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 11, p. 251-284.

TOURNIER, B.; SANCHEZ-BALLESTA, M.T.; JONES, B.; PESQUET, E.; REGAD, F.; LATCHÉ, A.; PECH, J.C.; BOUZAYEN, M. New members of the tomato ERF family show specific expression pattern and diverse DNA-binding capacity to the GCC box element. **FEBS Letters**, European, v. 550, n. 1/3, p. 149-154, 2003.

WAGNER, A.M.; BERGEN, C.W.M. van der; WINCENCJUSZ, H. Stimulation of the alternative pathway by succinate and malate. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 108, p. 1035-1042, 1995.

WANG, K.L.-C.; LI, H.; ECKER, J.R. Ethylene biosynthesis and signaling networks. **The Plant Cell**, Rockville, v. 14, Supplement 1, p. 131-151, 2002.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Saint Paul, v. 35, p. 155-189, 1984.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A Análise de variância para número de entrenós.

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedades	1	0.6161	0.6161	6.05 **
Coletas	5	51.0397	10.2079	100.28 **
Var*Coleta	5	0.2528	0.0506	0.50
Erro	60	6.1076	0.1018	
Total	71	58.0162		

CV (%) = 5.83

TABELA 2A Análise de variância para Massa Seca (g)

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedades	1	52.8906	52.8906	8.25 **
Coletas	5	6578.0604	1315.6121	205.13 **
Var*Coleta	5	23.8109	4.7622	0.74
Erro	60	384.8100	6.4135	
Total	71	7039.5719		

CV (%) = 9.76

TABELA 3A Análise de variância para Massa Seca (g).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Variedades	1	171.5878	171.5878	4.0 **	
Coletas	5	17856.2455	3571.2491	83.2 **	
Var*Coleta	5	973.8556	194.7711	4.5 **	
Erro	60	2575.5749	42.9262		
Total	71	21577.2638			

CV (%) = 7.86

ANEXO B

TABELA 1B Análise de variância para umidade (%).

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedade	1	0.1861	0.1861	0.02
Coleta	5	3313.4487	662.6897	83.87 **
Var*Coleta	5	89.7521	17.9504	2.27
Erro	60	474.1067	7.9018	
Total	71	3877.4935		

CV (%) = 4,02

TABELA 2B Análise de variância para Parâmetro de Cor a*.

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedade	1	34.3787	34.3787	8.36 **
Coleta	5	1677.8467	335.5693	81.56 **
Var*Coleta	5	119.8183	23.9637	5.82 **
Erro	24	98.7516	4.1147	
Total	35	1930.7953		

CV (%) = 91.60

TABELA 3B Análise de variância para Parâmetro de cor b*

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedade	1	28.5690	28.5690	4.71 **
Coleta	5	248.3840	49.6768	8.19 **
Var*Coleta	5	81.0582	16.2116	2.67 **
Erro	24	145.5383	6.0641	
Total	35	503.5495		

CV (%) = 30.42

ANEXO C

TABELA 1C Análise de variância para Respiração ($\text{mg de CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedades	1	180.3101	180.3101	6.95 **
Coletas	3	386.3427	128.7809	4.97 **
Var*Coleta	3	75.2097	25.0699	0.97
Erro	24	622.4214	25.9342	
Total	31	1264.2838		

CV (%) = 43,36

TABELA 2C Análise de variância para etileno ($\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$).

FV	GL	SQ	QM	Fc
Variedade	1	0.0207	0.0207	0.190
Coleta	4	8.1368	2.0342	18.66 **
Var*Coleta	4	1.5253	0.3813	3.50 **
Erro	30	3.2708	0.1090	
Total	39	12.9536		

CV (%) = 16.69