



JANAINE LOPES MACHADO

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E
CARACTERIZAÇÃO DA ANATOMIA FOLIAR
DE ACESSOS DO BANCO DE GERMOPLASMA
DE CAFÉ DE MINAS GERAIS**

LAVRAS – MG

2014

JANAINE LOPES MACHADO

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E CARACTERIZAÇÃO DA ANATOMIA
FOLIAR DE ACESSOS DO BANCO DE GERMOPLASMA DE CAFÉ DE
MINAS GERAIS**

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

Orientador

Dr. Rubens José Guimarães

Coorientadora

Dra. Danielle Pereira Baliza

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Machado, Janaine Lopes.

Divergência genética e caracterização da anatomia foliar de
acessos no banco de germoplasma de café de Minas Gerais / Janaine
Lopes Machado. – Lavras : UFLA, 2014.

102 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Caracteres anatômicos. 3.
Dissimilaridade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7323

JANAINE LOPES MACHADO

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E CARACTERIZAÇÃO DA ANATOMIA
FOLIAR DE ACESSOS DO BANCO DE GERMOPLASMA DE CAFÉ DE
MINAS GERAIS**

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

APROVADA em 20 de fevereiro de 2014.

Dra. Vânia Aparecida Silva	EPAMIG
Dr. Evaristo Mauro de Castro	UFLA
Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA

Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

Dra. Danielle Pereira Baliza
Coorientadora

LAVRAS – MG

2014

Aos meus pais Leonel e Ieda.

À minha irmã Aparecida.

Ao meu namorado Ulisses.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da minha profissão.

À minha família e aos meus amigos, pelo amor e pelo apoio incondicionais.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação (Escola Municipal Menino Jesus, Escola Estadual Padre Américo, Escola Estadual Presidente Kennedy e Universidade Federal de Lavras).

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), que através dos seus professores, técnicos administrativos, laboratoristas e demais profissionais me proporcionaram um ensino de qualidade para minha formação profissional.

Ao Departamento de Agricultura (DAG) e em especial ao Setor de Cafeicultura, pela oportunidade e estrutura oferecidas durante o curso.

Ao Departamento de Biologia (DBI), pela estrutura e apoio na condução dos trabalhos laboratoriais.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio e a disponibilização dos materiais objeto de estudo neste trabalho.

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

Ao meu orientador Professor Dr. Rubens José Guimarães, pelos ensinamentos e amizade durante a orientação neste trabalho.

À minha Coorientadora Professora Dra. Danielle Pereira Baliza, pela grande contribuição na realização deste trabalho e pela amizade e apoio nesta etapa da minha vida.

Aos membros da banca, Dra. Vânia Aparecida Silva, Dr. Evaristo Mauro de Castro e Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pelas contribuições.

À secretária da Pós-graduação do DAG Marli dos Santos Túlio, pelo auxílio indispensável.

Ao meu namorado Ulisses, pelo apoio, incentivo e grande contribuição neste trabalho.

À bolsista de iniciação científica e amiga Tainah Freitas, meu braço direito na condução do experimento.

À amiga Genaina A. de Souza, pela ajuda, apoio e colaboração na finalização deste trabalho.

A todos os colegas do DAG e DBI que auxiliaram nas atividades durante a condução do experimento.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

O cultivo do café tem grande importância para o agronegócio brasileiro. Programas de melhoramento genético utilizam características de interesse agrônomo para colocar à disposição dos cafeicultores cultivares mais adaptadas. Objetivou-se avaliar a divergência genética entre acessos do banco de germoplasma de café de Minas Gerais e discriminar esses acessos quanto às características anatômicas foliares. Dezesete genótipos, pertencentes ao banco de germoplasma e 11 cultivares desenvolvidas pela Epamig foram avaliadas. O trabalho foi desenvolvido nas Fazendas Experimentais de Três Pontas e Patrocínio. Para avaliação de modificações ocorridas durante os períodos seco e chuvoso foram utilizados os 17 genótipos do banco de germoplasma e para verificar possíveis variações de local avaliaram-se as 11 cultivares desenvolvidas pela Epamig, em Patrocínio e Três Pontas. Durante o período seco, essas cultivares e os genótipos estudados (totalizando 28 acessos) foram utilizados para um estudo de divergência genética. Foram consideradas como fonte de variação características anatômicas da folha. Os acessos apresentaram variabilidade genética e foi verificada divergência genética entre eles. Foram verificadas modificações nos tecidos foliares das cultivares da Epamig, nas duas regiões e nos acessos estudados nos diferentes ambientes.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.. Caracteres anatômicos. Dissimilaridade.

GENERAL ABSTRACT

Coffee cultivation has great importance for Brazilian agribusiness. Breeding programs use traits of agronomic interest to make more adapted cultivars available to farmers. This study aimed at evaluating the genetic divergence between the coffee germplasm bank in Minas Gerais, Brazil, and discriminate these accesses in regard to foliar anatomical traits. We evaluated 17 genotypes belonging to the germplasm bank and 11 cultivars developed by Epamig. The study was conducted at the Experimental Farms in Três Pontas and Patrocínio. To evaluate the changes occurred during the dry and rainy periods, we used the 17 genotypes of the germplasm bank, and in order to verify possible location variations, we evaluated the 11 cultivars developed by Epamig in Patrocínio e Três Pontas. During the dry season these cultivars and the studies genotypes (a total of 28 accesses) were used in a genetic divergence study. We considered foliar anatomical traits as a source of variation. The accesses showed genetic variability and genetic divergence between them. We also verified changes in foliar tissues of the Epamig cultivars in both regions and in the accesses studied in different environments.

Keywords: *Coffea arabica* L.. Anatomical traits. Dissimilarity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Dendrograma ilustrativo do agrupamento de 28 genótipos de *C. arabica* L. pelo método UPGMA, obtido a partir da distância generalizada de Mahalanobis, estimada com base em onze características anatômicas foliares.....50

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Relação dos genótipos obtidos do banco de germoplasma da Epamig, em Patrocínio, MG.....	45
Tabela 2	Relação das cultivares desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento da Epamig, MG	46
Tabela 3	Contribuição relativa de onze características anatômicas para a divergência de 28 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig, estimada pelo método de Singh (1981), utilizando médias não padronizadas.....	52

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Relação dos genótipos obtidos do banco de germoplasma da Epamig, em Patrocínio, MG	60
Tabela 2	Relação das cultivares desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento da Epamig, MG	61
Tabela 3	Características anatômicas da nervura central das folhas de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig – Patrocínio, MG	65
Tabela 4	Espessura dos tecidos foliares (μm) de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig – Patrocínio, MG.....	69
Tabela 5	Características anatômicas das secções paradérmicas de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig – Patrocínio, MG	77

Tabela 6	<p>Resumo da análise de variância conjunta para as características NVX: número de vasos do xilema, DVX: diâmetro do vaso do xilema; ESF: espessura do floema, CTA: espessura da cutícula da face adaxial, EAD: espessura epiderme da face adaxial, PPA: espessura do parênquima paliçádico, PES: espessura do parênquima esponjoso, MES: espessura do mesofilo, DE: densidade estomática, FUN: funcionalidade estomática de 11 cultivares de cafeeiro da Epamig, em Patrocínio e Três Pontas - MG.....</p>	81
Tabela 7	<p>Médias de 11 cultivares de cafeeiro avaliadas conjuntamente e nos ambientes de Patrocínio e Três Pontas, para características anatômicas NVX: número de vasos do xilema, DVX: diâmetro do vaso do xilema; ESF: espessura do floema, CTA: espessura da cutícula da face adaxial, AD: espessura epiderme da face adaxial, PPA: espessura do parênquima paliçádico, PES: espessura do parênquima esponjoso, EMS: espessura do mesofilo, DE: densidade estomática, FUN: funcionalidade estomática.....</p>	83

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral	14
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Histórico dos principais Genótipos de café	18
2.2	Cultivares lançadas pela Epamig	24
2.3	Cultivares comerciais susceptíveis à ferrugem	24
2.4	Cultivares comerciais portadoras de resistência á ferrugem:	25
2.5	Importância da caracterização da anatomia foliar	26
2.6	Métodos atuais para distinção de cultivares	28
2.7	Banco de germoplasma	29
2.8	Anatomia como mecanismo de pré-seleção	31
	REFERÊNCIAS	34
	CAPÍTULO 2 Divergência genética de acessos do Banco de germoplasma de café de Minas Gerais utilizando caracteres anatômicos	40
1	INTRODUÇÃO	42
2	MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1	Delineamento	46
2.2	Preparo do material	47
2.3	Características avaliadas	47
2.4	Análise dos dados	48
3	RESULTADOS	49
4	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54
	CAPÍTULO 3 Caracterização da anatomia foliar de acessos do Banco de germoplasma de café de Minas Gerais	56
1	INTRODUÇÃO	58
2	MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1	Delineamento	61
2.2	Preparo do material	62
2.3	Características avaliadas	63
2.4	Análise dos dados	63
3	RESULTADOS	64
3.1	Banco de germoplasma	64
3.1.1	Feixes vasculares	64
3.1.2	Espessura dos tecidos foliares	68
3.1.3	Caracterização dos estômatos	76
3.2	Cultivares da Epamig	79
4	CONCLUSÃO	90

REFERÊNCIAS	91
APÊNDICES	94

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do café é de extrema importância para a balança comercial brasileira. O sucesso dos programas de melhoramento genético tem colocado à disposição dos cafeicultores cultivares mais adaptadas, produtivas e com qualidade superior de bebida (ANDRADE; MELO; PAULA, 2007). Embora o trabalho dos melhoristas com cultivares selecionadas já tenha atingido elevados níveis de produtividade, novos acréscimos poderão advir do desenvolvimento de cultivares com resistência a pragas, doenças ou com características específicas de adaptação a novos ambientes (GUEDES, 2012).

O cafeeiro apresenta base genética estreita, o que dificulta muitas vezes a discriminação fenotípica e a identificação de um acesso, dentro de um Banco de germoplasma. Aliado a essa dificuldade, soma-se o fato de que o melhoramento genético, no caso do café, é um processo lento, sendo importante a implementação de técnicas que facilitem e acelerem a seleção de materiais superiores dentro de um programa de melhoramento (PINTO, 2006; BARTOS, 2012).

A caracterização anatômica e morfológica dos acessos dessa cultura é necessária e de grande interesse para os programas de melhoramento. Essa caracterização pode orientar na escolha de genitores e no planejamento dos cruzamentos de forma precoce, pois alguns descritores morfológicos externos não diferenciam certos materiais devido à pouca variabilidade morfológica existente entre eles.

As variações na anatomia têm sido pouco estudadas e essas podem ser relacionadas às funções fisiológicas, tornando mais fácil a compreensão dos mecanismos envolvidos e desenvolvidos pelas plantas (GRISI et al., 2008).

Esses mecanismos governam os diferentes comportamentos em diferentes condições ambientais. Dessa maneira, a caracterização da anatomia interna pode ser uma ferramenta de grande utilidade e auxiliar no melhoramento genético das plantas. Além disso, a caracterização anatômica das cultivares de café pode ser um importante instrumento no apoio ao melhoramento genético do cafeeiro em relação à seleção de cultivares tolerantes ou superiores às diferentes condições de campo (BATISTA et al., 2010). Ou ainda como ferramenta para identificação e proteção de cultivares.

Objetivou-se avaliar a divergência genética entre acessos do Banco de germoplasma de café de Minas Gerais e obter a caracterização da anatomia foliar desses acessos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As principais espécies de *Coffea* comercializadas para produção de grãos atualmente são *Coffea arabica* L., originária da região que compreende a Etiópia, Sudão e Quênia e *Coffea canefora* Pierre. Todas oriundas de regiões tropicais e subtropicais do continente africano (CHARRIER, 1978). Para a safra 2013 foi estimada uma produção para o café arábica de 38,29 milhões de sacas, correspondendo a 77,9% do volume de café produzido no país, e tem como maior produtor o estado de Minas Gerais. Já a produção do robusta, contabilizada em 10,86 milhões de sacas, representa 22,1% do total nacional e tem como maior produtor o Espírito Santo (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

O café é uma cultura perene, adaptada à zona tropical e subtropical, sendo cultivado atualmente em países da África, Ásia e América Latina (NISHIJIMA; SAES; POSTALI, 2012). O café chegou ao Brasil em 1727, no estado do Pará, e logo se expandiu em pequenas plantações, para outros estados como Maranhão, Bahia e Rio de Janeiro. Em 1825, foi introduzido no vale do Paraíba, chegando aos estados de São Paulo e Minas Gerais. Sob condições de solo e clima favoráveis, o café chegou ao Centro-Sul do País e após os ciclos do ouro e da cana foi implantado o ciclo do café, que teve um importante papel no desbravamento e desenvolvimento dessas regiões (MATIELLO et al., 2005).

O Brasil lidera há dois séculos a produção mundial de café, e sua história política, econômica e social sempre esteve vinculada à cultura. A produção brasileira na safra de 2013/2014 foi estimada em 49,15 milhões de sacas. Entre os estados produtores de café, particularmente de *C. arabica* L., Minas Gerais destaca-se como o maior, com produção prevista em torno de 27,66 milhões de sacas, o que corresponde aproximadamente a 56,3% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO,

2013). No entanto, apesar da grande produção nacional, a cafeicultura brasileira apresenta baixa produtividade, com média nacional de 24,38 sacas.ha⁻¹, prevista na safra de 2013/ 2014 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013). Essa baixa produtividade deve-se, em parte, à lavouras antigas e depauperadas, deficiências nutricionais, baixa tecnologia de produção e problemas no manejo da cultura (CAIXETA et al., 2008).

A busca por cultivares cada vez mais produtivas sempre foi o principal foco dos programas de melhoramento do cafeeiro, no Brasil (MARTINEZ et al., 2007). Além da seleção direta baseada na produtividade, a avaliação de caracteres morfológicos é utilizada para discriminar melhor os genótipos estudados e identificar aqueles de maior importância (TEIXEIRA et al., 2013).

Essas ferramentas proporcionam aos melhoristas uma melhor orientação na escolha das melhores características a serem utilizadas nos programas de melhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Nesse contexto, a seleção de um conjunto de caracteres é relevante, pois o objetivo do melhorista é agregar, em um único genótipo, vários fenótipos favoráveis (RAMALHO et al., 2012).

O melhoramento genético do cafeeiro no Brasil foi iniciado, por volta da década de 1930, no Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, sendo que atualmente várias instituições de pesquisa têm contribuído com os trabalhos de melhoramento, destacando-se: o IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), o PROCAFÉ (Fundação Procafé/MAPA), o INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural) e a EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), que trabalha conjuntamente com a UFLA e UFV (PEREIRA et al., 2010).

2.1 Histórico dos principais Genótipos de café

Typica

A Typica, variedade padrão da espécie *C. arabica* L. tem origem na região que compreende o sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, sendo que sua dispersão se deu a partir do Iêmen. A cafeicultura brasileira hoje de grande relevância no cenário agrícola foi originada da introdução de apenas três plantas no País, em 1727 (CARVALHO et al., 2008). Atualmente, essa espécie apresenta ampla dispersão, porém todas as cultivares conhecidas dessa espécie são derivadas dos genótipos Typica e Bourbon (ANTHONY et al., 2001), evidenciando o estreitamento da base genética.

A espécie *C. arabica* L. cv. Typica apresenta folhas novas bronzeadas, frutos vermelhos e boa uniformidade (CARVALHO; FAZUOLI, 1993). Na cafeicultura moderna seu plantio foi bastante reduzido, tendo-se em vista que é uma cultivar menos produtiva e sem rusticidade, aliada à disponibilização de novas cultivares (CARVALHO et al., 2008).

Bourbon Amarelo

A origem dessa cultivar provavelmente ocorreu em Pederneiras (SP), na Fazenda Santa Lúcia, em 1930. Existem duas hipóteses sobre o seu aparecimento: originado do Bourbon Vermelho através de mutação ou recombinação do cruzamento natural entre as cultivares Bourbon Vermelho e Amarelo de Botucatu, pois nas populações originais foram encontradas plantas com fenótipos semelhantes aos de tais cultivares (KRUG; MENDES; CARVALHO, 1939).

Uma das principais características dessa cultivar é a precocidade de maturação de frutos. Apresenta excelente qualidade de bebida, porém a produção média dessa cultivar é cerca de 30 a 50% menor do que as das

cultivares Mundo Novo, Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. A coloração das folhas novas é verde-clara ou bronze, apresenta porte alto e frutos amarelos e é uma cultivar suscetível ao agente da ferrugem (CARVALHO et al., 2008).

Bourbon Vermelho

A cultivar *C. arabica* L. cv. Bourbon foi introduzida no Brasil em 1859, importada pelo governo brasileiro da ilha de Reunião, antiga Bourbon (TAUNAY, 1939).

Essa cultivar apresenta como características os frutos vermelhos, o que lhe dá o nome de 'Bourbon Vermelho'. Sua maturação é precoce, as folhas novas são verde-claras e verde-escuras quando maduras, apresenta porte alto, ramos laterais secundários e terciários abundantes. É altamente suscetível à ferrugem possuindo vigor e produtividade inferior à cultivar Mundo Novo. Apresenta peneira média em torno de 16 e possui excelente qualidade de bebida (CARVALHO et al., 2008).

Mundo Novo IAC 379-19 e Mundo Novo 502-9

As primeiras plantas matrizes dessa cultivar foram selecionadas no município paulista de Mundo Novo, hoje Urupês, em 1943. Sua origem provavelmente ocorreu pela recombinação resultante do cruzamento natural entre as cultivares *C. arabica* var. Sumatra e *C. arabica* var. Bourbon Vermelho (CARVALHO et al., 1952).

Entre os anos de 1943 a 1952, várias seleções foram realizadas de plantas matrizes e seleções entre e dentro das progênies, com o intuito de eliminar defeitos observados na população. As progênies selecionadas foram denominadas Mundo Novo as quais foram multiplicadas para serem distribuídas aos lavradores, a partir de 1952 (CARVALHO et al., 2008).

Esse material apresenta como características porte alto, elevada produção de frutos, os quais são de cor vermelha. Apresenta também ótimo vigor vegetativo, sistema radicular bem desenvolvido, ampla capacidade de adaptação e é suscetível à ferrugem (FAZUOLI, 1986).

Maragogipe

A *C. arabica* L. cv. Maragogipe foi descoberta em 1870, no município baiano de Maragogipe onde, provavelmente, se originou por mutação a partir da cultivar Typica (KRUG; CARVALHO, 1942).

É uma cultivar que apresenta a expressão de todos os seus caracteres aumentada em relação à cultivar original. As sementes, os frutos, as folhas e o porte da planta são maiores que os padrões usuais das cultivares. Porém, é pouco produtiva, não despertando interesse econômico em escala comercial (CARVALHO et al., 2008).

Caturra Vermelho e Caturra Amarelo

Acredita-se que a origem da *C. arabica* L. cv. Caturra foi no município mineiro de Manhumirim em 1937. Não se sabe se surgiu nessa região como mutação ou se foi trazida de outra localidade. Essa cultivar é caracterizada por porte baixo, devido ao reduzido tamanho de seus internódios, tanto da haste principal como dos ramos laterais. As plantas são uniformes, apresentam elevado potencial de produção e são suscetíveis à ferrugem (CARVALHO et al., 1984; CARVALHO; MÔNACO, 1972).

Catuaí Vermelho IAC 99

Uma das combinações mais importantes consideradas no plano de hibridações artificiais refere-se à cultivar Catuaí, primeira cultivar obtida mediante hibridação intraespecífica de plantas selecionadas de Caturra Amarelo

e de Mundo Novo, realizadas em 1949 (CARVALHO; MONACO; FAZUOLI, 1979). O nome Catuaí significa muito bom, em tupi-guarani.

As plantas dessa cultivar apresentam frutos vermelhos, característica marcante que lhe dá o nome. São vigorosas, possuem internódios curtos, é uma cultivar suscetível ao agente da ferrugem, e apresenta bebida de ótima qualidade (FAZUOLI, 1986). Além disso, possui ampla capacidade de adaptação por apresentarem rusticidade e elevada produção e por terem pequena altura (CARVALHO; MONACO; FAZUOLI, 1979).

Híbrido de Timor

O Híbrido de Timor é resultante de um cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora*, sendo que as seleções desse material apresentam resistência às raças conhecidas de *Hemileia vastatrix*, agente causal da ferrugem. Por ser tetraploide, seu cruzamento com cultivares de *C. arabica* é obtido com facilidade, (CARVALHO; FAZUOLI; COSTA, 1989). No entanto, é pouco produtivo e de pouca rusticidade, o que talvez seja pelo fato de ter-se originado de cruzamento espontâneo entre cafeeiros não selecionados para produção.

Em relação ao melhoramento genético do cafeeiro, a população de Híbrido de Timor tem grande importância como fonte de resistência às doenças. Essa população é composta de genótipos com variabilidade genética para resistência à ferrugem, à antracnose-dos-frutos-do-cafeeiro, à bacteriose e ao nematoide-das-galhas (CARVALHO et al., 2008).

Obatã IAC 1669-20

Este material foi obtido do cruzamento da cultivar Villa Sarchi com o Híbrido de Timor (CIFC 832/2), o qual gerou o híbrido F1 (H 361/4), realizado pelo Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), em Oeiras, Portugal. A cultivar Obatã IAC 1669-20 é resultante de uma provável hibridação

natural de um cafeeiro de H 361/4 com outro da cultivar Catuaí Vermelho (CARVALHO et al., 2008).

Esta cultivar foi selecionada e liberada pelo IAC, a partir do ano de 2000, e apresenta como características porte baixo, frutos vermelhos e grandes, peneira média das sementes, em torno de 17 e 18 e boa produtividade. É indicada para plantio adensado, é uma cultivar exigente em nutrição e responde bem à irrigação, sendo ainda resistente à ferrugem (FAZUOLI et al., 2007).

Ouro Verde IAC 4395

Este material foi obtido por meio da recombinação entre cafeeiros selecionados das cultivares Catuaí Amarelo IAC H 2077-2-12-70 e Mundo Novo IAC 515-20. A hibridação (H 5010) foi realizada em Campinas, SP, em 1961 e, em 2000, foi lançada oficialmente pelo IAC (CARVALHO et al., 2008). Os cafeeiros da cultivar Ouro Verde IAC H 5010-5 são suscetíveis à ferrugem, apresentam porte baixo, frutos vermelhos, são vigorosos e produtivos possuindo um sistema radicular bem desenvolvido (CARVALHO et al., 2008).

Tupi Amarelo

A cultivar Tupi IAC 1669-33 foi desenvolvida, a partir da recombinação do cruzamento controlado entre a ‘Villa Sarchi’ e o Híbrido de Timor, realizado em Oeiras (CARVALHO; FAZUOLI; COSTA, 1989). Apresenta resistência ao agente da ferrugem, é produtiva e vigorosa, possui porte baixo, frutos vermelhos, folhas novas cor de bronze e bebida de boa qualidade (FAZUOLI et al., 2000).

Icatu Amarelo IAC 2944

A origem deste material deu-se pelo cruzamento natural de plantas da cultivar Icatu Vermelho com ‘Bourbon Amarelo’ ou ‘Mundo Novo Amarelo’, ocorrido em um experimento do IAC, em Campinas (CARVALHO et al., 2008).

Esta cultivar apresenta porte alto, é vigorosa, produtiva, com sistema radicular bastante desenvolvido, boa qualidade de bebida e moderada resistência ao agente da ferrugem (FAZUOLI, 1986).

Icatu Vermelho IAC 4045

Esta cultivar é oriunda de um cruzamento interespecífico, realizado em 1950, entre a ‘Robusta’ (tetraploide) de *C. canephora* Pierre e a ‘Bourbon Vermelho’ de *C. arabica*, com a transferência de fatores genéticos favoráveis para *C. arabica* (CARVALHO; FAZUOLI, 1993).

Tal cultivar apresenta-se moderadamente suscetível ou suscetível à ferrugem, principalmente nos anos de altas produções, é fonte de resistência a nematoides e ao fungo *Colletotrichum kahawae* (*C. coffeanum*), agente causal da antracnose-do-cafeeiro e apresenta elevada porcentagem de grãos tipo moca (CARVALHO et al., 2008).

Robusta e Conilon

As cultivares de *C. canephora* Pierre possuem grande diversidade genética em relação às características agronômicas e morfológicas, pela própria origem da espécie (CARVALHO, 1946). A cultivar *C. canephora* Pierre. cv. Kouilou ou Conilon foi trazida da Indonésia, possui porte alto, folhas novas marrons e frutos vermelhos, sementes e folhas menores e estreitas, já a cultivar *C. canephora* Pierre. cv. Robusta é muito produtiva, possui resistência ao agente da ferrugem e aos nematoides *Meloidogyne exigua* e *M. incognita*, sementes e

frutos maiores e folhas largas, além de apresentar rusticidade (CARVALHO et al., 2008).

2.2 Cultivares lançadas pela Epamig

Até o ano de 2010 foram lançadas 12 cultivares de cafeeiro, pelo Programa de Melhoramento Genético de Minas Gerais, coordenado pela Epamig (PEREIRA et al., 2010). Segue a descrição das mesmas:

2.3 Cultivares comerciais susceptíveis à ferrugem

Acaiá Cerrado MG 1474

Lançada em 1995, foi originada da seleção na linhagem LCP 474-1, introduzida do IAC. Possui altura média inferior ao ‘Acaiá’ tradicional, boa produtividade, excelente desenvolvimento vegetativo e diâmetro de copa reduzido.

Rubi MG 1192

Originou-se do cruzamento entre ‘Mundo Novo’ e ‘Catuaí’. Possui porte baixo, excelente produtividade e vigor, uniformidade de maturação precoce e frutos de cor vermelha, quando maduros.

Topázio MG 1190

Resulta do mesmo cruzamento de ‘Catuaí Amarelo’ e ‘Mundo Novo’ que originou a ‘Rubi’. Os cafeeiros possuem porte baixo, excelente produtividade e vigor vegetativo, além de uniformidade de maturação, possui os frutos amarelos.

MGS Travessia

É também resultante do cruzamento entre ‘Catuaí Vermelho’ e ‘Catuaí Amarelo’ com ‘Mundo Novo’. Essa cultivar apresenta porte baixo, internódios curtos, ramificações abundantes, frutos de cor amarela e excelente resposta à poda do tipo esqueletamento.

2.4 Cultivares comerciais portadoras de resistência à ferrugem:**Oeiras MG 6851**

Originou-se pelo método genealógico, a partir do híbrido CIFC HW 26/5, do cruzamento entre ‘Caturra Vermelho’ e ‘Híbrido de Timor’. Essa cultivar possui porte baixo, produtividade semelhante ao ‘Catuaí’, a maturação é uniforme, com frutos graúdos de cor vermelho-escura.

Paraíso MG H 419-1

Resultou da hibridação artificial de ‘Catuaí Amarelo’ IAC 30 com ‘Híbrido de Timor’ UFV 445-46. É resistente à ferrugem, possui frutos de cor amarela, sementes graúdas e as plantas apresentam formato cônico.

Araponga MG 1

É resultado da hibridação artificial entre ‘Catuaí amarelo IAC 86’ e ‘Híbrido de Timor’. É uma cultivar resistente à ferrugem, tem porte baixo, internódios curtos e frutos vermelhos.

Sacramento MG 1

É resultado da hibridação artificial entre ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81 e ‘Híbrido de Timor’ UFV 438-52. Apresenta porte baixo, é resistente à ferrugem,

possui internódios curtos e ramificação abundante, alta capacidade de produção inicial.

Catiguá MG 1, Catiguá MG 2 e Catiguá MG 3

Foram sintetizadas através de um grupo de 16 plantas híbridas de ‘Catuaí Amarelo’ IAC 86 e ‘Híbrido de Timor’ UFV 440-10. Os cafeeiros apresentam porte baixo, internódios curtos e ramificação abundante, os frutos são graúdos e de cor vermelha.

Pau-Brasil MG 1

Foi obtida pela hibridação artificial entre ‘Catuaí Vermelho’ IAC 141 e ‘Híbrido de Timor’ UFV 442-34. É uma cultivar resistente à ferrugem, possui porte baixo e copa do formato cônico, os frutos são vermelhos e a produtividade é similar à cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

2.5 Importância da caracterização da anatomia foliar

A caracterização de espécies vegetais consiste em estabelecer uma identidade para cada acesso, por meio do conhecimento de uma série de dados que permitam estudar a variabilidade genética do material (RAMOS; QUEIROZ, 1999). Os caracteres estudados na caracterização podem ser morfológicos, fisiológicos, citológicos, bioquímicos ou moleculares.

As listas de descritores incluem atributos, características ou traços de uma cultura, e destinam-se a incluir informações e dados, por meio da caracterização e avaliação para sua eventual utilização. Um bom descritor deverá permitir a distinção entre os diferentes acessos de uma mesma cultura, deve ser praticável, útil e deve evitar redundância, ser ambientalmente estável, e

de fácil manipulação pelo melhorista (BIOVERSITY INTERNATIONAL, 2007).

A Lei de Proteção de Cultivares (Lei n.º 9.456, sancionada em 25/abril/1997) define que uma cultivar é “toda variedade de qualquer gênero ou espécie vegetal superior que seja claramente distinguível de outras cultivares conhecidas por margem mínima de descritores, por sua denominação própria, que seja homogênea e estável quanto aos descritores, através de gerações sucessivas”.

A caracterização de *C. arabica* L., é importante devido ao fato do café apresentar base genética estreita (ANTHONY et al., 2002) e de difícil discriminação fenotípica e identificação de acessos específicos dentro de um banco de germoplasma. No cafeeiro *C. arabica* L., geralmente são usadas duas fontes de consulta para discriminação de cultivares. Os Descritores Mínimos para o Registro Institucional de Cultivares: Café (FAZUOLI et al., 1994), e os Descritores para Café (*Coffea* spp. E *Psilanthus* spp.) (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE, 1996). Esses descritores baseiam-se em características morfológicas, fisiológicas ou de produtividade, ou seja, caracteres qualitativos e quantitativos. Porém, muitos desses caracteres são influenciados pelo ambiente. E, além disso, há dificuldade de diferenciação de fenótipos assemelhados, pois, as principais características como altura da copa, produtividade, resistência a doenças podem apresentar semelhança entre os acessos ou variarem, aleatoriamente (SEVERINO et al., 2002).

A subjetividade de alguns descritores é uma dificuldade enfrentada pelos melhoristas, visto que alguns descritores morfológicos podem apresentar uma classificação diferente, de acordo com o observador. Esse problema também é verificado para outras culturas como o amendoim. Veiga et al. (1996), avaliando a sensibilidade de descritores para caracterização morfológica de amendoim,

verificaram que alguns descritores foram pouco eficientes para um grupo de acessos melhorados com morfologia pouco diversa.

Dessa maneira é de extrema importância o uso de outras características, além das morfológicas externas na descrição de acessos de plantas, principalmente aquelas que apresentam base genética estreita.

2.6 Métodos atuais para distinção de cultivares

A classificação e a identificação de novas cultivares de *C. arabica*, *C. canephora* e de híbridos interespecíficos são feitas desde novembro de 2000, com base na utilização de descritores mínimos. Essa relação inclui, em sua grande maioria, características botânicas das plantas ou órgãos, como haste, ramos, folhas, flores, frutos e sementes. Características agrônomicas como precocidade de maturação dos frutos, ou tecnológicas, o peso de 100 sementes são também utilizadas (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

A caracterização morfológica necessita de descritores definidos, levando em consideração a variação existente. Esses descritores podem ser características botânico-agrônomicas ou quaisquer características que manifestem homogeneidade e estabilidade genética, que consigam distinguir acessos (AMARAL JÚNIOR et al., 1994).

No entanto, essas características morfológicas externas muitas vezes não conseguem distinguir com eficiência os materiais a serem avaliados e selecionados, principalmente em programas de melhoramento. Aguiar et al. (2004) utilizaram descritores mínimos na caracterização de cultivares de *C. arabica*, e verificaram que a discriminação foi eficiente para características como porte, cor do fruto, resistência ao agente da ferrugem, *Hemileia vastatrix* e ciclo de maturação. Foi verificado também, que a cor das folhas jovens e o diâmetro da copa possibilitava a discriminação de cultivares do grupo Mundo

Novo, porém, não foi possível identificar descritores eficientes na discriminação das cultivares dos grupos Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo e Icatu Vermelho. Severino et al. (2002) avaliaram linhagens da população Catimor, através de vinte e seis descritores e verificaram que, mesmo considerando apenas os descritores com herdabilidades acima de 80%, esses não foram eficientes para distinguir todas as linhagens de café, coerentemente com os dados de genealogia.

2.7 Banco de germoplasma

Os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) são unidades conservadoras de material genético de uso imediato ou com potencial de uso futuro, onde não ocorre o descarte de acessos, o que os diferencia das coleções de trabalho. Os BAGs têm por objetivos efetuar a caracterização fenotípica-agronômica mínima e a multiplicação com manutenção da identidade genética que permita ao melhorista escolher os caracteres de interesse, para a inclusão nos ensaios de obtenção de novas cultivares (RAMALHO et al., 2012).

O banco de germoplasma de Café da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) está implantado na Fazenda Experimental de Patrocínio. A Fazenda se localiza na região do Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. No banco está sendo conservado um vasto germoplasma de *Coffea arabica* L., além de exemplares das cultivares mais antigas, como Típica, Bourbon Vermelho, Bourbon Amarelo, Caturra Vermelho, Caturra Amarelo, Sumatra, Amarelo de Botucatu, Maragogipe, Villa Sarchi, San Ramon, Pacas, São Bernardo, além de seleções de Híbrido de Timor existentes no Brasil e progênies de populações denominadas de Catimor, Sarchimor, Cavimor, Cachimor, Catindu e outras seleções portadoras dos fatores de resistência à ferrugem SH1, SH2, SH3 e SH4, simples ou associados (EIRA et al., 2007a).

O Banco foi organizado com a colaboração da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e mantém o germoplasma básico do programa de melhoramento do estado de Minas Gerais. A coleção hoje é composta por cerca de 1330 acessos de germoplasma de *C. arabica* L.

Existem ainda no Brasil outras instituições que possuem germoplasma de café conservados em bancos de germoplasma, que são: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Fundação Procafé e Embrapa Rondônia. Outras coleções de café são encontradas em diversas Instituições Brasileiras, porém pouco se conhece sobre o número de representantes e a variabilidade genética nelas conservadas (EIRA et al., 2007b).

Eira et al. (2001) enfatiza a importância de um banco de germoplasma completo para pesquisas genéticas, estudos filogenéticos, o conhecimento e avaliação da variabilidade genética disponível no gênero *Coffea*, além do seu potencial de melhoramento. Além disso, os recursos genéticos não são renováveis, daí a necessidade e a importância de conservá-los.

Embora muitas cultivares desenvolvidas já tenham atingido elevados níveis de produtividade, outros acréscimos podem ser incorporados como resistência a pragas e doenças, características de adaptação, qualidade do produto. Essas características se encontram em *C. arabica* L. e em espécies silvestres de *Coffea*, ressaltando a importância de um banco de germoplasma (EIRA et al., 2007b; CARVALHO et al., 1991).

2.8 Anatomia como mecanismo de pré-seleção

Apesar de alguns trabalhos com anatomia terem sido iniciados no passado (DEDECCA, 1957a; DEDECCA, 1957b), atualmente poucos resultados de pesquisa são encontrados na literatura com a cultura do cafeeiro, principalmente aqueles que relacionam estrutura (anatomia) com a função (fisiologia). A anatomia foliar do cafeeiro demonstra plasticidade para fatores ambientais como as condições de radiação solar (BALIZA, 2011; BALIZA et al., 2012), disponibilidade hídrica (BATISTA et al., 2010; GRISI et al., 2008), apresentando alterações nas espessuras do parênquima paliçádico e esponjoso, dimensões estomáticas entre outras (NASCIMENTO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2005). Variações morfológicas e anatômicas em plantas de café têm sido pouco exploradas, e informações básicas referentes a aspectos fisiológicos relacionados à tais variações, especialmente em condições de estresse hídrico, podem ser bastante úteis na compreensão dos mecanismos envolvidos no fenótipo de *Coffea*, comumente observados em condições de campo (DIAS et al., 2005).

A folha é um dos órgãos mais importantes das plantas, é nela que se encontra o aparato fotossintético responsável pela produção de energia e metabólitos. Diversos fatores ambientais podem influenciar a anatomia foliar, sendo assim, as folhas podem apresentar variações na sua estrutura para melhorar a plasticidade das plantas aos diferentes ambientes (CASTRO et al., 2009). As variações na estrutura das folhas estão relacionadas, em grande parte, com o hábitat, representando uma importante resposta plástica das plantas às condições ambientais, especialmente à disponibilidade hídrica (DIAS et al., 2005).

A plasticidade foliar já foi verificada em outras culturas como no milho (SOUZA et al., 2010), demonstrando que as mudanças na anatomia foliar podem

ser favoráveis. Grisi et al. (2008), estudando anatomia foliar em mudas de café Catuaí e Siriema, submetidas ao estresse hídrico, verificaram relação significativa entre os diâmetros polar e equatorial dos estômatos e densidade estomática entre os dois materiais estudados em relação à tolerância à seca, demonstrando assim, maior adaptabilidade em favor do material Siriema. Batista et al. (2010) avaliaram 15 cultivares de *C. arabica* quanto ao status hídrico e às características da estrutura interna das folhas, verificando que, dentre as cultivares estudadas, destacaram-se a Bourbon Amarelo e a Catimor como potencialmente mais eficientes em condições de estresse hídrico. Segundo Batista et al. (2010), essas cultivares possuem maior potencial hídrico, cutícula mais espessa, maior proporção de parênquima paliçádico, maior espessura da nervura central e maior densidade estomática em relação às demais cultivares avaliadas. Essas variáveis anatômicas proporcionam a essas cultivares maior eficiência de uso de água, conseqüentemente maior plasticidade em condições de estresse hídrico.

A caracterização anatômica permite também inferir sobre o ataque de pragas e o tipo de mecanismo de resistência apresentado por plantas. Ramiro et al. (2004) constataram, por meio da caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro, que existem diferenças na espessura dos tecidos foliares entre as espécies *C. arabica* e *C. racemosa*, não havendo porém, diferenças entre plantas híbridas resistentes e suscetíveis. Isso sugere que as características avaliadas não estão relacionadas ao mecanismo de resistência à *Leucoptera coffeella* e que, provavelmente, a resistência das plantas se deve à presença de substâncias químicas no parênquima paliçádico.

O desenvolvimento de cultivares, visando principalmente resistência ou tolerância às pragas e doenças, tem papel importante no aumento da produtividade, além de contribuir para diminuição nos custos de produção. No entanto, a obtenção de cultivares resistentes por meio do melhoramento clássico

tem resultado em um processo lento, devido às dificuldades enfrentadas pelos melhoristas, tais como, o ciclo longo do cafeeiro, a baixa variabilidade genética dentro das espécies de interesse comercial, o alto custo dos ensaios de campo, a necessidade de avaliação por vários anos das produções, dado a necessidade de se conhecer a produtividade em longo prazo (VIEIRA et al., 2005).

Os programas de melhoramento de plantas dependem da diversidade genética presente no germoplasma disponível em relação ao caráter pesquisado. Porém, é necessário que haja uma prévia caracterização do material para que se conheça a diversidade presente.

O estudo das variações anatômicas entre as cultivares de café existentes pode favorecer programas de melhoramento genético, diminuindo o tempo de seleção de materiais promissores. Um exemplo é a densidade estomática, uma vez que maior densidade estomática pode favorecer o fluxo de CO₂ para o interior da folha (BALIZA et al., 2012; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009) e, sendo esse gás um dos fatores mais limitantes para a fotossíntese (ZHOU; HAN, 2005), uma maior captação de CO₂ pode ser favorável para a fotossíntese. Além dessa característica anatômica, a densidade e o calibre dos vasos condutores também se caracterizam como variáveis importantes para a escolha de materiais genéticos. Uma vez que, pelo xilema são transportados água e sais minerais, necessários para que a planta realize a fotossíntese e acumule fotoassimilados, necessários ao desenvolvimento. E esses são transportados pelo floema para serem metabolizados nos locais de demanda de energia (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Assim, o calibre e número desses vasos são uma variável anatômica importante na escolha de materiais promissores.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E. et al. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 179-192, 2004.
- AMARAL JÚNIOR, A. T. et al. Dissimilaridade genética de descritores botânico-agronômicos e isozimáticos em clones de couve-comum. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 113-117, 1994.
- ANDRADE, A.C. de; MELO, B. de; PAULA, R. C. Avaliação de linhagens das cultivares de cafeeiro Catuaí Vermelho e Amarelo, em solos sob vegetação de Cerrado, do Município de Uberlândia, MG. **Horizonte Científico**, Brasília, v. 1, p. 1-16, 2007.
- ANTHONY, F. et al. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 118, n. 1, p. 53-65, 2001.
- ANTHONY, F. et al. The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 104, n. 5, p. 894-900, Apr. 2002.
- BALIZA, D. P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 250-258, set./dez, 2012.
- BALIZA, D. P. **Cafeeiros em formação e produção em diferentes níveis de radiação: características morfofisiológicas**. 2011. 97 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- BARTOS, P. M. C. **Embriogênese somática do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e caracterização bioquímica e anatômica das diferentes etapas envolvidas no processo**. 2012. 151 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.
- BIOVERSITY INTERNATIONAL. **Developing crop descriptor lists: guidelines for developers**. Rome: Bioersvity International, 2007.

CAIXETA, G. Z. T. et al. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 14-23, 2008.

CARVALHO, A. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie Arabica. **Separata dos Boletins da Superintendência dos Serviços do Café**, São Paulo, n. 20, p. 226-230, 1946.

CARVALHO, A. et al. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.

CARVALHO, A. et al. Genética de coffea. xxvi. hereditariedade do porte reduzido do cultivar Caturra. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 443-458, 1984.

CARVALHO, A. et al. Melhoramento do cafeeiro. IV. café mundo novo. **Bragantia**, Campinas, v. 12, n. 4-6, p. 97-129, abr./jun. 1952.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 29-76.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. da. Melhoramento do cafeeiro. XLI. produtividade do híbrido de Timor, de seus derivados e de outras fontes de resistência a *Hemileia vastatrix*. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 1, p. 73-86, 1989.

CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C. Transferência do fator Caturra para o cultivar mundo novo de coffea arabica. **Bragantia**, Campinas, v. 31, p. 379-399, 1972.

CARVALHO, A.; MONACO, L.C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro. XL. estudo de progênies e híbridos de café Catuai. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 203-216, 1979.

CARVALHO, C. H. S. et al. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. (Org.). **Cultivares de café: origem, características e recomendação**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 157-226.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora da UFLA, 2009.

CHARRIER, A. La structure génétique des caféiers spontanés de la region Malgashe (*Mascarocoffea*). Leurs relations avec les caféiers d'origine africaine (*Eucoffea*). **Memories ORSTOM**, Paris, n. 87, p. 1-221, 1978.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café**: safra 2013: quarto levantamento. Brasília: Conab, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_53_32_boletim_cafe_-_original.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2014.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Divergência genética. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento**: volume 1. Viçosa: Editora da UFV, 2004. p. 377-413.

DEDECCA, D. M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. 23, p. 315-366, dez. 1957a.

DEDECCA, D. M. Aspectos anatômicos da variação na folha do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. unico, 1957b.

DIAS, P. C. et al. Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2005. 1 CD-ROM.

EIRA, M. T. S. et al. **Bancos de germoplasma de café no Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007b.

EIRA, M. T. S. et al. Bancos de Germoplasma de café no Brasil: base do melhoramento para produtividade e qualidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2007a.

EIRA, M. T. S. et al. Estratégias para o aumento da variabilidade genética de *Coffea* no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2001.

FAZUOLI, L. C. et al. A ferrugem alaranjada do cafeeiro e a obtenção de cultivares resistentes. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 48-53, 2007.

FAZUOLI, L. C. et al. **Cultivares de café IAC apropriadas para plantio adensado**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2000.

FAZUOLI, L. C. et al. **Descritores mínimos para o registro institucional de cultivares: café**. Campinas: Instituto Agronômico, 1994. (Documentos IAC, 46).

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. **Cultura do cafeeiro**. Piracicaba: Potafós, 1986. p. 87-113.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘catuaí’ e ‘siriema’ submetidas ao estresse hídrico. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.

GUEDES, J. M. **Caracterização de acessos de Bourbon e identificação de coleção nuclear do banco de germoplasma de café de Minas Gerais**. 2012. 85 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

GUERREIRO FILHO, O. et al. Características utilizadas para a identificação de cultivares de café. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 141-155.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptors for Coffee (*Coffea* spp. and *Psilanthus* spp.)**. Roma: IPGRI, 1996.

KRUG, C. A.; CARVALHO, A. Genética de coffeea. v. hereditariedade da coloração bronzeada das folhas novas de *Coffea arabica* L. **Bragantia**, Campinas, v. 2, n. 6, p. 199-220, 1942.

KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; CARVALHO, A. **Taxonomia de coffeea arabica L. descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1939. (Boletim Técnico, 62).

MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 481-489, out. 2007.

- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA, 2005.
- NASCIMENTO, E. A. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 852-857, jun. 2006.
- NISHIJIMA, M.; SAES, M. S. M.; POSTALI, F. A. S. Análise de concorrência no mercado mundial de café verde. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 2012.
- PEREIRA, A. A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG, 2010. p. 863-895.
- PEREIRA, A. A. et al. Melhoramento genético do cafeeiro no estado de Minas Gerais – cultivares lançadas e em fase de obtenção. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Editora da UFV, 2002. p. 253-295.
- PINHEIRO, H. A. et al. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany, London**, v. 96, n. 1, p. 101-108, 2005.
- PINTO, F. O. **Associação de marcadores EST-SSR à resistência ao bicho-mineiro em cafeeiros**. 2006. 71 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2006.
- RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na agropecuária**: volume 1. 5. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2012.
- RAMIRO, D. A. et al. Caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 363-372, Dec. 2004.
- RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. Caracterização morfológica: experiência do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido, com acessos de abóbora e moranga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, supl., p. 9-12, 1999.
- SEVERINO, L. S. et al. Eficiência dos descritores de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) na discriminação de linhagens de "Catimor". **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1487-1492, 2002.

- SOUZA, T. C. de et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 16-24, Jan. 2010.
- TAUNAY, A. de E. **História do café no Brasil**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional do Café, 1939.
- TEIXEIRA, A. L. et al. Análise de componentes principais em caracteres morfológicos de café arábica em estágio juvenil. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 205-210, abr./jun. 2013.
- VEIGA, R. F. A. et al. Caracterização morfológica de acessos de amendoim: avaliação da sensibilidade de alguns descritores. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 45-56, 1996.
- VIEIRA, L. G. E. et al. Durable resistance to coffee leaf rust. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Coffee genome project: a resource for functional genomics**. Viçosa: Editora da UFV, 2005. p. 363-396.
- ZHOU, Y. M.; HAN, S. J. Photosynthetic response and stomatal behaviour of *Pinus koraiensis* during the fourth year of exposure to elevated CO₂ concentration. **Photosynthetica**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 445-449, Sept. 2005.

CAPÍTULO 2 Divergência genética de acessos do Banco de germoplasma de café de Minas Gerais utilizando caracteres anatômicos

RESUMO

A variabilidade genética pode ser estudada de forma simultânea em relação a várias características. Uma forma eficiente de realizar essa avaliação é por meio de agrupamentos genéticos. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a divergência genética entre genótipos de café, pertencentes ao Banco de germoplasma da Epamig. Foram utilizados 17 acessos e 11 cultivares (totalizando 28 tratamentos genéticos), esses genótipos foram agrupados pelo método UPGMA com base na distância generalizada de Mahalanobis, utilizando 11 características anatômicas da folha. Foi verificada variabilidade genética entre os genótipos separando-os em cinco grupos. Os caracteres que mais contribuíram para divergir os genótipos foram número de vasos do xilema, diâmetro dos vasos do xilema e espessura do floema. A menor contribuição foi atribuída à espessura do mesofilo. Os caracteres anatômicos da folha do cafeeiro podem ser utilizados em programas de melhoramento genético auxiliando na seleção precoce de genótipos.

Palavras-chave: Variabilidade. Anatomia foliar. Feixes vasculares.

ABSTRACT

Genetic variability can be studied simultaneously in relation to various characteristics. An efficient way to accomplish this is through genetic clusters. The objective of this study was to evaluate the genetic divergence between coffee genotypes belonging to the Epamig germplasm bank. We used 17 accesses and 11 cultivars (in a total of 28 genetic treatments). These genotypes were grouped by the UPGMA method based on the Mahalanobis general distance using 11 foliar anatomical traits. We verified the genetic variability between genotypes separating them into five groups. The traits which most contributed to diverge the genotypes were the number of xylem vessels, diameter of xylem vessels and phloem thickness. The lowest contribution was attributed to the thickness of the mesophyll. The anatomical traits of the coffee leaf can be used in breeding programs, aiding in the early selection of genotypes.

Keywords: Variability. Leaf anatomy. Vascular bundles.

1 INTRODUÇÃO

O uso de bancos de germoplasma como fonte de matéria-prima para o melhoramento do cafeeiro é de grande importância para a cultura, sobretudo para a obtenção de genótipos produtivos, adaptados e resistentes aos principais estresses (SOUZA, 2005). Porém na maioria das coleções de germoplasma, onde ficam conservados estes recursos genéticos, existe um grande número de acessos armazenados e poucas informações sobre cada acesso (ANDRADE et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2002). A caracterização desses acessos é de grande importância, já que esses representam significativamente a variabilidade genética das espécies de interesse. O estudo da diversidade genética, por meio de técnicas multivariadas, é de primordial importância para o planejamento de programas de melhoramento e para a definição de estratégias de trabalho, oferecendo maior oportunidade de escolha de genitores divergentes em programas de melhoramento (FONSECA et al., 2006; IVOGLO et al., 2008). Além disso, o conhecimento do grau de divergência genética possibilita o monitoramento dos bancos de germoplasma e gera informações úteis para preservação e uso dos acessos (TOQUICA et al., 2003; GUEDES et al., 2013). A utilização dessa técnica para estimar a divergência genética e agrupar os materiais de forma a facilitar a escolha desses, é largamente empregada, como em estudos realizados por (MATSUO et al., 2011; VIEIRA et al., 2011; GUEDES et al., 2013), com soja, mandioca e café, respectivamente. Assim, a caracterização e o estudo da divergência genética entre os acessos do Banco de germoplasma contribuem para o aumento da eficiência na seleção de genitores. Vários métodos multivariados podem ser aplicados na predição da divergência genética. A escolha do método mais adequado deve ser realizada em função da precisão desejada, da facilidade de análise e da forma como os dados foram obtidos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). O uso de características

anatômicas, que contribuem para a produção e indicam a capacidade adaptativa das mesmas às diversas condições de ambiente, pode contribuir para a seleção precoce de materiais promissores. Desta forma, objetivou-se neste trabalho, avaliar a divergência genética entre acessos de café pertencentes ao Banco de germoplasma da Epamig, com intuito de facilitar a seleção de materiais com maior plasticidade para variações climáticas, utilizando-se características anatômicas desses materiais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados 28 genótipos de café no banco de germoplasma, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), de Patrocínio, na região dos Cerrados de Minas Gerais. A coleta foi realizada no mês de setembro de 2012.

O Banco de germoplasma de Café da Epamig está instalado na Fazenda Experimental de Patrocínio, localizada na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais, situada a 18°59'26" de latitude sul e 48°58'9,5" de longitude oeste, altitude local de aproximadamente 1.000 metros. O solo é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico, sendo que o clima do município de Patrocínio é classificado como Clima Mesotérmico Subtropical Temperado, com chuvas de verão, inverno seco e verão quente (Wca), segundo Köppen (1948).

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os genótipos (variedade, mutantes, progênies, cultivar e híbrido) selecionados no banco de germoplasma da Epamig, para avaliação da estrutura interna de folhas.

Tabela 1 Relação dos genótipos obtidos do Banco de germoplasma da Epamig, em Patrocínio, MG

Nº	Código	Tipo	Nome
01	MG 0001	Variedade	Typica
02	MG 0007	Mutante	Bourbon Amarelo
03	MG 00016	Mutante	Bourbon Vermelho
04	MG 1192	Progênie	Mundo Novo 502-9
05	MG 0141	Progênie	Mundo Novo IAC 379-19
06	MG 0158	Mutante	Maragogipe
07	MG 0187	Mutante	Caturra Vermelho
08	MG 0188	Mutante	Caturra Amarelo
09	MG 1187	Cultivar	Catuaí Vermelho IAC 99
10	MG 0417	Híbrido natural	Híbrido de Timor
11	MG 1060	Cultivar	Obatã IAC 1669-20
12	MG 1164	Cultivar	Ouro Verde IAC 4395
13	MG 1182	Cultivar	Tupi Amarelo
14	MG 1188	Cultivar	Icatu Amarelo IAC 2944
15	MG 1190	Cultivar	Icatu Vermelho IAC 4045
16	MG 1198	Cultivar	Robusta
17	MG 1225	Cultivar	Conilon

Tabela 2 Relação das cultivares desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento da Epamig, MG

Nº	Nome
01	Acaiá Cerrado MG 1474
02	Rubi MG 1192
03	Topázio MG 1190
04	MGS Travessia
05	Oeiras MG 6851
06	Paraíso MG H 419-1
07	Araponga MG 1
08	Sacramento MG 1
09	Catiguá MG 2
10	Catiguá MG 3
11	Pau-Brasil MG 1

2.1 Delineamento

Para os estudos anatômicos foram coletadas três folhas completamente expandidas do terceiro nó de ramos plagiotrópicos, do terço médio das plantas, para cada genótipo apresentado na Tabela 1 e 2, sendo que cada folha foi considerada como uma repetição. Cada folha foi coletada de uma planta diferente, mantendo-se um padrão de coleta em que as folhas foram coletadas sempre do mesmo lado da planta para todos os genótipos e cultivares. Para a avaliação anatômica dos materiais das Tabelas 1 e 2 foi considerado o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

As avaliações anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

2.2 Preparo do material

As folhas coletadas foram fixadas em F.A.A. 70 (JOHANSEN, 1940), por 72 horas e posteriormente conservadas em etanol 70% (v.v⁻¹). Para os cortes anatômicos foi utilizado o terço médio das folhas.

As secções transversais foram obtidas em micrótomo de mesa tipo LPC. Os cortes foram submetidos à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplice lavagem em água destilada e coloração com solução safrablau (azul de astra 0,1% e safranina 1%, na proporção de 7:3). Posteriormente, os cortes foram montados em lâminas semipermanentes com glicerol 50% (v v⁻¹) (KRAUS; ARDUIN, 1997).

As secções paradérmicas foram feitas à mão livre com uso de lâmina de aço. Os cortes foram submetidos à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplice lavagem em água destilada e coloração com safranina 1% com posterior montagem de lâminas semipermanentes, como citado anteriormente.

As lâminas foram observadas e fotografadas em microscópio óptico, modelo Olympus BX 60, acoplado à câmera digital Canon A630, com a qual foram feitas as imagens que foram analisadas em software para análise de imagens UTHSCSA-Imagetool.

2.3 Características avaliadas

Corte transversal: Caracterização da espessura dos tecidos - espessura da cutícula da face adaxial, espessura da epiderme da face adaxial, espessura da epiderme da face abaxial, espessura do parênquima paliçádico, espessura do parênquima esponjoso e espessura do mesofilo. Caracterização dos feixes

vasculares – número de vasos do xilema, diâmetro dos vasos do xilema e espessura do floema.

Corte paradérmico: Caracterização dos estômatos - densidade estomática (número de estômatos por mm^2) e funcionalidade estomática (diâmetro polar/diâmetro equatorial dos estômatos).

Para cada característica foram feitas medições em três regiões distintas de cada foto, perfazendo um total de nove medições para cada tratamento.

2.4 Análise dos dados

Para verificar qual característica anatômica contribui mais para discriminar os genótipos do Banco de germoplasma foi determinada a importância relativa dos caracteres na predição da divergência genética, para tal baseou-se no método proposto por Singh (1981), o qual serviu de base para o descarte de caracteres irrelevantes para o agrupamento, pelo método UPGMA.

A diversidade genética entre os acessos foi determinada pelo método UPGMA, método hierárquico que se baseia nas médias, e assim foi gerado o dendrograma com base na distância generalizada de Mahalanobis. As análises genético-estatísticas foram realizadas por meio do software GENES (CRUZ, 2001).

3 RESULTADOS

Houve variabilidade genética significativa entre os genótipos para os diferentes caracteres avaliados. Guedes et al. (2013) encontraram resultados semelhantes ao avaliar divergência genética em diferentes acessos de cafeeiro do grupo Maragogipe. No presente estudo essa variação, que possibilitou a separação dos acessos em grupos se deve ao fato de serem acessos diferentes e pelo fato das plantas apresentarem plasticidade foliar, ou seja, a anatomia foliar é modificada por fatores ambientais, sendo assim as folhas podem apresentar variações na sua estrutura, para melhorar a adaptabilidade das plantas aos diferentes ambientes (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Para agrupar os genótipos foi utilizado o método UPGMA. Para tanto, adotou-se um limite mínimo de similaridade de 67% entre os acessos, formando assim cinco grupos (Figura 1). Em estudo realizado por Guedes et al. (2013), utilizando descritores morfológicos para café (AGUIAR et al., 2004) foi verificada a formação de sete grupos distintos entre doze acessos de café do grupo Maragogipe.

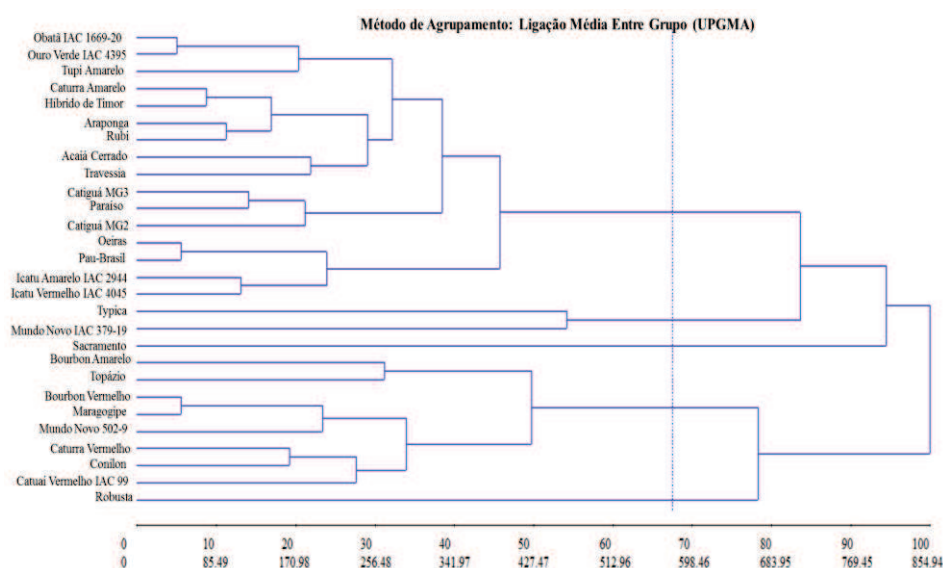


Figura 1 Dendrograma ilustrativo do agrupamento de 28 genótipos de *C. arabica* L. pelo método UPGMA, obtido a partir da distância generalizada de Mahalanobis, estimada com base em onze características anatômicas foliares

No presente estudo, o acesso Robusta apresentou dissimilaridade genética pelo método do UPGMA, por se tratar de outra espécie (*C. Canephora* Pierre), o que já era esperado. Já se supunha que houvessem maiores diferenças nas estruturas internas de *C. canefora* Pierre quando comparado a *C. arabica* L., pois este primeiro tem características morfológicas diferentes, como folhas maiores. A similaridade verificada pode ser devida à pouca variabilidade observada dos genótipos, visto que a base genética do cafeeiro é estreita (ANTHONY et al., 2001).

A discriminação dos genótipos pelo método UPGMA foi eficiente em discriminar os genótipos estudados. Estudos realizados por Guedes et al. (2013), Ivoglo et al. (2008) e Vasconcelos et al. (2012), utilizando diferentes métodos de agrupamento, concluíram que esse método é eficiente para agrupar os materiais genéticos, baseando-se em características morfológicas e de produção.

Sendo assim, para o estudo da importância relativa dos caracteres e o descarte daqueles de menor importância para descrição dos genótipos foram utilizados os caracteres anatômicos para diferenciação de cultivares de café, quanto à divergência genética.

Os caracteres que mais contribuíram para a diferenciação dos genótipos foram o número dos vasos do xilema, diâmetro dos vasos do xilema e espessura do floema (Tabela 4). Esses tecidos são responsáveis pela distribuição de água, sais minerais e fotoassimilados, sendo assim, essenciais para o metabolismo vegetal, pois o número e o diâmetro de vasos de xilema está intimamente ligado com a condutância hidráulica e a funcionalidade do mesmo (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Já a característica que foi considerada descarte foi a espessura do mesofilo (0,40%), pois essa foi a que menos contribuiu para distinção dos acessos avaliados. Essa característica pode-se modificar facilmente dependendo da condição ambiental em que as plantas são cultivadas (BATISTA et al., 2010; SOUZA et al., 2010).

Tabela 3 Contribuição relativa de onze características anatômicas para a divergência de 28 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig, estimada pelo método de Singh (1981), utilizando médias não padronizadas

Variável	S.j	Valor em %
NVX	79969,41	33,90
DVX	40957,63	17,36
ESF	36966,50	15,67
CTA	8003,25	3,39
EAD	9331,84	3,96
EAB	3695,21	1,57
PPA	12592,26	5,34
PES	26755,41	11,34
MÊS	940,39	0,40
DE	14933,41	6,33
FUN	1742,62	0,74

NVX: número de vasos do xilema; DVX= espessura dos vasos do xilema; ESF= espessura do floema; CTA= espessura da cutícula da face adaxial; EAD= espessura da epiderme da face adaxial; EAB= espessura da epiderme da face abaxial; PPA= espessura do parênquima paliçádico; PES = espessura do parênquima esponjoso; MES = espessura do mesofilo; DE= densidade estomática; FUN= funcionalidade estomática

4 CONCLUSÕES

Os acessos apresentaram variabilidade genética e foi verificada divergência entre eles.

Os caracteres anatômicos da folha do cafeeiro podem ser utilizados para diferenciação de genótipos, auxiliando em programas de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E. et al. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 179-192, 2004.
- ANDRADE, R. V. et al. Avaliação de acessos de milho crioulo coletados na região central do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 67-74, 2002.
- ANTHONY, F. et al. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 118, n. 1, p. 53-65, 2001.
- BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.
- CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora da UFLA, 2009.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora da UFV, 2001.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora da UFV, 2004.
- FONSECA, A. F. A. et al. Divergência genética em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 599-605, abr. 2006.
- GUEDES, J. M. et al. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 127-132, 2013.
- IVOGLO, M. G. et al. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 823-831, out./dez. 2008.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: Edur, 1997.

MATSUO, E. et al. Genetic diversity in soybean genotypes with resistance to *Heterodera glycines*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 4, p. 304-312, Dec. 2011.

SINGH, D. The relative importance of characteres affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SOUZA, F. F. **Divergência genética em clones de café conilon (*Coffea canephora* Pierre.) coletados em Rondônia**. Rondônia: Embrapa Rondônia, 2005.

SOUZA, T. C. de et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 16-24, jan. 2010.

TEIXEIRA, F. F. et al. Diversidade no germoplasma de milho coletado na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 59-67, 2002.

TOQUICA, S. P. et al. Molecular characterization by AFLPs of capsicum germplasm from the Amazon Department in Colombia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 50, n. 6, p. 639-647, Sept. 2003.

VASCONCELOS, C. S. et al. Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em característica de flores. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 4, p. 493-498, jul./ago. 2012.

VIEIRA, E. A. et al. Characterization of sweet cassava accessions based on molecular, quantitative and qualitative data. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 232-240, Sept. 2011.

CAPÍTULO 3 Caracterização da anatomia foliar de acessos do Banco de germoplasma de café de Minas Gerais

RESUMO

Características anatômicas são amplamente estudadas em plantas, porém para o café poucos estudos estão relacionados a essa variável, em relação à produção e adaptabilidade. Objetivou-se, neste trabalho, caracterizar a anatomia de diferentes acessos de cafeeiro, a fim de verificar as modificações ocorridas em decorrência de diferentes épocas e locais de avaliação. Dezesete acessos pertencentes ao banco de germoplasma e onze cultivares desenvolvidas pela Epamig foram avaliadas. O trabalho foi desenvolvido nas Fazendas Experimentais de Três Pontas e Patrocínio. Para avaliação de modificações ocorridas durante os períodos seco e chuvoso, foram utilizados os dezessete genótipos do banco de germoplasma. Para verificar possíveis variações de local avaliaram-se as onze cultivares desenvolvidas pela Epamig, em Patrocínio e Três Pontas. Houve diferença entre os genótipos avaliados em relação à época, e os genótipos Mundo Novo IAC 379-19, utilizado comercialmente, apresentou boa adaptabilidade em relação ao número de vasos e diâmetro do xilema. O acesso Maragogipe demonstrou potencial para utilização em programas de melhoramento, devido à plasticidade anatômica demonstrada em relação às épocas avaliadas.

Palavras-chave: Genótipos. Estômatos. Cultivares.

ABSTRACT

Anatomical traits are widely studied in plants. However, for coffee few are the studies regarding this variable in relation to production and adaptability. The objective of this study was to characterize the anatomy of different accesses of coffee in order to verify the changes occurred due to different evaluation times and places. We evaluated 17 accessions belonging to the germplasm bank and 11 cultivars developed by Epamig. The study was developed at the Experimental Farms in Três Pontas and Patrocínio. To evaluate the changes occurred during the dry and rainy periods, we used the 17 genotypes from the germplasm bank. In order to verify possible variations of locations we evaluated the 11 cultivars developed by Epamig in Patrocínio and Três Pontas. We observed differences between the evaluated genotypes in regard to time, the commercially used Mundo Novo IAC 379-19 genotypes presented good adaptability in relation to the number of vessels and xylem diameter. The Maragogipe access demonstrated potential for use in breeding programs due to the anatomical plasticity shown in relation to the periods evaluated.

Keywords: Genotypes. Stomata. Cultivars.

1 INTRODUÇÃO

O café (*Coffea* sp) é uma das culturas mais tradicionais da agricultura brasileira. Seu cultivo teve início há mais de 200 anos, sendo considerada uma cultura de grande expressão econômica do país (FAGAN et al., 2011). É originária das florestas da Etiópia, onde cresce permanentemente sob a proteção de árvores. Sua adaptação às condições de sombreamento favorece o cultivo em sistemas agroflorestais, prática muito utilizada na maioria dos países produtores da América Latina (DAMATTA, 2004; BALIZA et al., 2012).

Os fatores ambientais influenciam diretamente a anatomia foliar, e essa característica tem relação direta com a produção vegetal (SILVA; ALQUINI; CAVALLET, 2005). As características anatômicas da folha do cafeeiro demonstram plasticidade para fatores ambientais ajustando tecidos como o parênquima paliádico, parênquima esponjoso, dimensões estomáticas entre outras (NASCIMENTO et al., 2006). A capacidade de uma planta de se adaptar ao ambiente no qual está inserida, já é conhecida.

As alterações anatômicas observadas nas folhas das cultivares de café, neste estudo, foram observadas em relação às épocas avaliadas e entre as cultivares. Essa capacidade de adaptação, denominada plasticidade, pode ser definida como a capacidade das plantas de ajustar o seu desempenho através de sua morfologia ou alteração fisiológica, em resposta às variações do ambiente (NAVAS; GARNIER, 2002, SOUZA et al., 2010)

Portanto, a caracterização de cultivares de café, com maior potencial para a tolerância aos estresses ambientais, é de extrema importância para a cafeicultura. Objetivou-se, neste trabalho, caracterizar a anatomia de diferentes acessos de café arábica, a fim de verificar as modificações ocorridas em decorrência de diferentes épocas e locais de avaliação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O banco de germoplasma de Café da Epamig está instalado na Fazenda Experimental de Patrocínio, localizada na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, situada a 18°59'26" de latitude sul e 48°58'9,5" de longitude oeste, altitude local de aproximadamente 1.000 metros. O solo é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico, com clima classificado como Mesotérmico Subtropical Temperado, com chuvas de verão, inverno seco e verão quente (Wca), segundo Köppen (1948).

Foram selecionados 17 genótipos do banco de germoplasma da Epamig, para comparação entre si, e também nas estações seca e chuvosa. As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro e setembro de 2012. Na Tabela 1 são apresentados os genótipos (variedade, mutantes, progênies, cultivar e híbrido) selecionados para avaliação da estrutura interna de folhas.

Tabela 1 Relação dos genótipos obtidos do banco de germoplasma da Epamig, em Patrocínio, MG

Nº	Código	Tipo	Nome
01	MG 0001	Variedade	Typica
02	MG 0007	Mutante	Bourbon Amarelo
03	MG 00016	Mutante	Bourbon Vermelho
04	MG 1192	Progênie	Mundo Novo 502-9
05	MG 0141	Progênie	Mundo Novo IAC 379-19
06	MG 0158	Mutante	Maragogipe
07	MG 0187	Mutante	Caturra Vermelho
08	MG 0188	Mutante	Caturra Amarelo
09	MG 1187	Cultivar	Catuaí Vermelho IAC 99
10	MG 0417	Híbrido natural	Híbrido de Timor
11	MG 1060	Cultivar	Obatã IAC 1669-20
12	MG 1164	Cultivar	Ouro Verde IAC 4395
13	MG 1182	Cultivar	Tupi Amarelo
14	MG 1188	Cultivar	Icatu Amarelo IAC 2944
15	MG 1190	Cultivar	Icatu Vermelho IAC 4045
16	MG 1198	Cultivar	Robusta
17	MG 1225	Cultivar	Conilon

Em duas localidades diferentes foram avaliadas também, neste trabalho, as 11 cultivares de cafeeiro desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento da Epamig até o ano de 2010 (Tabela 2), a fim de verificar possíveis variações nas estruturas internas das folhas, em decorrência das variações climáticas existentes nos dois ambientes. Foram avaliadas cultivares em Patrocínio (descrito acima) e na Fazenda Experimental da Epamig de Três Pontas (MG). Está situada a 21°05'15'' de latitude Sul e 45°34'00'' de longitude Oeste, à altitude de 850 m. O clima da região é do tipo Cwa, com características de Cwb, apresentando duas estações definidas: seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março, segundo a classificação climática de Köppen. O tipo de solo predominante na

área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. As coletas de folhas das cultivares foram realizadas no mês de setembro de 2012, em Três Pontas e Patrocínio.

Tabela 2 Relação das cultivares desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento da Epamig, MG

Nº	Nome
01	Acaiá Cerrado MG 1474
02	Rubi MG 1192
03	Topázio MG 1190
04	MGS Travessia
05	Oeiras MG 6851
06	Paraíso MG H 419-1
07	Araponga MG 1
08	Sacramento MG 1
09	Catiguá MG 2
10	Catiguá MG 3
11	Pau-Brasil MG 1

2.1 Delineamento

Para os estudos anatômicos foram coletadas três folhas completamente expandidas do terceiro nó de ramos plagiotrópicos, do terço médio das plantas, para cada genótipo apresentado nas Tabelas 1 e 2, sendo que cada folha foi considerada como uma repetição. Cada folha foi coletada de uma planta diferente, mantendo-se um padrão de coleta em que as folhas foram coletadas sempre do mesmo lado da planta para todos os genótipos e cultivares. Para a

avaliação anatômica dos materiais das Tabelas 1 e 2 , foi considerado o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

As avaliações anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

2.2 Preparo do material

As folhas coletadas foram fixadas em F.A.A. 70 (JOHANSEN, 1940), por 72 horas e posteriormente conservadas em etanol 70% (v.v⁻¹). Para os cortes anatômicos foi utilizado o terço médio das folhas. As secções transversais foram obtidas em micrótomo de mesa, tipo LPC. Os cortes foram submetidos à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplice lavagem em água destilada e coloração com solução safrablau (azul de astra 0,1% e safranina, 1% na proporção de 7:3). Posteriormente, os cortes foram montados em lâminas semipermanentes com glicerol 50% (v v⁻¹) (KRAUS; ARDUIN, 1997).

As secções paradérmicas foram feitas à mão livre, com uso de lâmina de aço. Os cortes foram submetidos à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplice lavagem em água destilada e coloração com safranina 1% com posterior montagem de lâminas semipermanentes, como citado anteriormente.

As lâminas foram observadas e fotografadas em microscópio óptico modelo, Olympus BX 60, acoplado à câmera digital Canon A630, com a qual foram feitas as imagens que foram analisadas em software, para análise de imagens UTHSCSA-Imagetool.

2.3 Características avaliadas

Corte transversal: Caracterização da espessura dos tecidos - espessura da cutícula da face adaxial, espessura da epiderme da face abaxial, espessura do parênquima paliçádico, espessura do parênquima esponjoso e espessura do mesofilo. Caracterização dos feixes vasculares – número de vasos do xilema, diâmetro dos vasos do xilema e espessura do floema.

Corte paradérmico: Caracterização dos estômatos - densidade estomática (número de estômatos por mm^2) e funcionalidade estomática (diâmetro polar/diâmetro equatorial dos estômatos).

As características de medições foram feitas em três regiões distintas de cada secção, perfazendo um total de nove medições para cada tratamento.

2.4 Análise dos dados

Para a análise estatística dos dados, dos 17 genótipos do Banco de germoplasma foi considerado o delineamento em DIC e o esquema fatorial 17 x 2 (17 genótipos x 2 épocas). Foi realizada a Análise de Variância (ANAVA) para todas as características anatômicas e teste de Scott-Knott, ao nível de probabilidade de 5% para a comparação das médias, usando o programa estatístico Sisvar, versão 4.0 (FERREIRA, 2011).

Para a análise dos dados das 11 cultivares de cafeeiro da Epamig foi feita a análise conjunta dos dados para todas as características anatômicas e teste de Scott-Knott, ao nível de probabilidade de 5%, para a comparação das médias.

3 RESULTADOS

3.1 Banco de germoplasma

Foi verificado que existe uma grande variabilidade entre as características estruturais dos tecidos foliares dos diferentes genótipos avaliados. E que ocorrem modificações nos tecidos foliares do cafeeiro, em função das épocas do ano (Tabelas 3, 4 e 5) (APÊNDICE A - Figuras 1, 2 e 3).

3.1.1 Feixes vasculares

Na época chuvosa, o genótipo Maragogipe destacou-se, entre os demais, por apresentar maior número de vasos do xilema (204,11), seguido pelo Conilon (187,56), o menor número de vasos foi obtido para o Bourbon amarelo (121,45). (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1).

Tabela 3 Características anatômicas da nervura central das folhas de 17 genótipos de cafeeiro do banco da Epamig – Patrocínio, MG

Genótipos	Nº de vasos xilema		Diâmetro vaso xilema		Espessura
	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
Typica	142,00 h A	109,00 i B	15,55 d A	11,80 g B	56,91 e A
Bourbon Amarelo	121,45 j B	160,44 e A	16,08 c A	12,48 f B	57,32 e B
Bourbon Vermelho	168,33 e B	192,56 a A	12,09 h B	13,30 e A	61,56 d B
Mundo Novo 502-9	133,22 i B	190,55 a A	15,56 d A	12,71 f B	60,51 d B
Mundo Novo IAC 379-19	159,22 f A	136,55 g B	16,59 b A	10,61 h B	77,54 b A
Maragogipe	204,11 a A	193,22 a B	16,50 b A	13,91 d B	81,79 a A
Caturra Vermelho	171,99 d B	196,00 a A	14,99 e B	15,88 c A	69,62 c A
Caturra Amarelo	147,33 g A	133,44 g B	16,91 b A	13,93 d B	62,08 d A
Catuaí Vermelho IAC 99	157,00 f B	173,00 d A	14,34 f B	15,43 c A	54,81 f B
Híbrido de Timor	138,11 h A	134,67 g A	14,55 f A	13,87 d B	51,82 g A
Obatã IAC 1669-20	139,78 h A	130,00 g B	16,63 b A	16,38 b A	62,60 d A
Ouro Verde IAC 4395	181,44 c A	133,56 g B	15,40 d A	15,53 c A	76,18 b A
Tupi Amarelo	131,22 i A	123,78 h B	12,98 g B	13,97 d A	54,42 f A
Icatu Amarelo IAC 2944	146,78 g B	164,67 e A	13,27 g B	16,33 b A	56,98 e A
Icatu Vermelho IAC 4045	135,78 i B	153,44 f A	13,40 g B	16,06 b A	62,59 d A
Robusta	180,78 c A	178,44 c A	20,69 a A	18,28 a B	61,39 d B
Conilon	187,56 b A	182,56 b B	15,32 d B	16,45 b A	70,98 c B
CV (%)	1,37	1,75	1,65	1,92	1,97
Média	155,65	157,99	15,34	14,52	63,47

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott – de 5% de probabilidade e na linha letras maiúsculas diferentes são significativamente diferentes entre si pelo teste de F

Já na época seca do ano, os mesmos 17 materiais comportaram-se de maneira diferente, com maior número de vasos do xilema para Bourbon Vermelho (192,56), Mundo Novo 502-9 (190,55), Maragogipe (193,22) e Caturra Vermelho (196,00). Nessa mesma época, o material que apresentou menor número de vasos foi a Typica (109,00) (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1).

Analisando o comportamento dos 17 genótipos, comparando-os nas épocas seca e chuvosa, nota-se que todos eles se comportaram significativamente de maneira diferente. A Maragogipe apresentou maior número de vasos do xilema, tanto na época chuvosa, quanto na seca, em relação aos demais genótipos. E na época seca, esse acesso apresentou menor diâmetro de vasos do xilema, demonstrando adaptabilidade às variações climáticas, favorecendo uma melhor condutância hidráulica, assim como o acesso Mundo Novo IAC 379-19 que recebe destaque por pertencer a um dos grupos de cafeeiro mais comercializados. Porém, na época seca houve redução dessa característica em relação à época chuvosa.

Um resultado de expressiva importância foi o comportamento do Bourbon Amarelo, que apresentou menor número de vasos do xilema na época chuvosa com significativo aumento do número de vasos e redução do diâmetro desses na época seca. Esse comportamento facilita a adaptação dessa cultivar, em ambientes com déficit hídrico, uma vez que normalmente o maior número de vasos com menor diâmetro favorece a condutância hidráulica, reduzindo a cavitação e tornando a absorção de água e nutrientes minerais mais eficientes (HACKE; SPERRY, 2001). Já a variedade Typica teve comportamento oposto, apresentando menor número na época seca em relação à chuvosa.

Em relação ao diâmetro dos vasos do xilema, foram verificados os maiores valores para Robusta na época chuvosa (20,69 μm), seguida por Mundo Novo IAC 379-19 (16,59 μm), Maragogipe (16,50 μm), Caturra Amarelo (16,91

μm) e Obatã (16,63 μm), sendo que o menor diâmetro foi verificado para Bourbon Vermelho (12,09 μm). Na época seca, verificou-se o maior diâmetro dos vasos do xilema para Robusta (18,28 μm), seguida por Obatã (16,38 μm), Icatu Amarelo (16,33 μm), Icatu Vermelho (16,06 μm) e Conilon (16,45 μm) (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1), e o menor valor dessa característica foi observado, nesse trabalho, para a cultivar Mundo Novo IAC 379-19 com 10,61 μm (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1). As modificações no número e no diâmetro dos vasos do xilema podem representar uma forma de adaptação da planta diante das alterações no ambiente que afetam o transporte. A redução da espessura de vasos de xilema pode permitir um transporte mais seguro, quando a planta está submetida a algum tipo de estresse, melhorando a condutividade hidráulica por meio destes (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Para as cultivares Obatã e Ouro Verde não houve alteração das características anatômicas, em relação às épocas avaliadas.

Na avaliação da espessura do tecido vascular floema, foi verificada uma grande variabilidade entre os materiais genéticos avaliados nesse trabalho (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1). Os resultados obtidos na época chuvosa indicam que houve um maior espessamento desse tecido para a cultivar Maragogipe (81,19 μm), seguida pelas Mundo Novo IAC 379-19 (77,54 μm) e Ouro Verde (76,18 μm), e o menor espessamento do floema foi representado pela cultivar Híbrido de Timor sendo 51,82 μm (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1).

Já na época seca, a cultivar Mundo Novo 502-9 apresentou a maior espessura média do floema (79,61 μm), seguida pela Conilon (76,16 μm). O menor espessamento do floema correspondeu à cultivar Tupi Amarelo (82,45 μm) (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1), sendo que os demais materiais ficaram em grupos intermediários.

Avaliando a espessura do floema entre as épocas, verificou-se que o Híbrido de Timor e o Icatu Amarelo apresentaram o mesmo comportamento não variando significativamente a espessura desse tecido (Tabela 3) (APÊNDICE A – Figura 1).

O floema é um tecido especializado no transporte de fotoassimilados que são componentes do metabolismo da planta (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Dessa forma, os genótipos com os maiores valores para essa característica demonstram um maior potencial para translocação de fotoassimilados, podendo contribuir assim para maiores incrementos na produção. Neste trabalho, foi verificada a maior média de espessura do floema, para a cultivar Mundo Novo 502-9 na seca e a segunda maior média para Mundo Novo IAC 379-19 na chuva, cultivares essas as quais já são conhecidas por sua alta produtividade.

3.1.2 Espessura dos tecidos foliares

Foi observado que as diferenças de espessura das folhas são evidentes entre os genótipos (Tabela 4). Foi observado, neste trabalho, que houve variação nas espessuras dos tecidos que compõem o limbo foliar dos genótipos, nas duas épocas de avaliação (Tabela 4) (APÊNDICE A - Figuras 2), demonstrando que o cafeeiro apresenta plasticidade foliar, em relação às variações do ambiente. Esse mesmo comportamento foi observado por Roças, Scarano e Barros (2001) que observaram modificações nos tecidos de angiospermas, à medida que variações climáticas, como déficit hídrico e luz, eram impostas às plantas.

Tabela 4 Espessura dos tecidos foliares (μm) de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig – Patrocínio, MG

Genótipos	Cutícula		Epiderme adaxial	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca
Typica	5,23 b A	3,77 c B	24,69 c B	28,91 a A
Bourbon Amarelo	3,97 d A	4,20 b A	27,95 a A	26,47 c B
Bourbon Vermelho	5,71 a A	4,03 b B	24,35 c A	25,02 d A
Mundo Novo 502-9	6,10 a A	3,26 d B	24,03 d A	22,06 f B
Mundo Novo IAC 379-19	5,16 b A	3,80 c B	26,25 b A	22,88 e B
Maragogipe	3,97 d B	4,58 a A	24,47 c A	23,72 e A
Caturra Vermelho	5,99 a A	3,46 d B	23,39 d B	26,30 c A
Caturra Amarelo	3,85 d A	3,33 d B	24,81 c A	23,51 e B
Catuaí Vermelho IAC 99	5,14 b A	3,32 d B	23,68 d A	22,75 e A
Híbrido de Timor	3,93 d A	3,15 d B	25,07 c A	24,76 d A
Obatã IAC 1669-20	4,04 d A	3,33 d B	27,08 a A	27,66 b A
Ouro Verde IAC 4395	3,86 d A	3,49 d A	25,18 c A	24,87 d A
Tupi Amarelo	4,16 d A	2,44 f B	27,41 a A	25,63 c B
Icatu Amarelo IAC 2944	5,20 b A	2,87 e B	25,10 c B	26,37 c A
Icatu Vermelho IAC 4045	4,59 c A	4,14 b B	26,14 b A	26,14 c A
Robusta	4,31 c A	3,37 d B	25,78 b A	21,07 g B
Conilon	5,23 b A	4,01 b B	27,77 a A	23,49 e B
CV (%)	5,74	5,53	2,31	2,37
Média	4,73	3,56	25,48	24,8

“Tabela 4, continua”

Genótipos	Parênquima paliçádico		Parênquima esojoso	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca
Typica	49,82 e B	56,31 c A	201,84 d B	238,29 a A
Bourbon Amarelo	50,45 e B	62,23 b A	195,66 e B	214,52 c A
Bourbon Vermelho	40,64 g B	58,12 c A	220,65 b A	209,73 d B
Mundo Novo 502-9	57,50 c B	64,22 a A	207,60 c A	208,10 d A
Mundo Novo IAC 379-19	47,85 f A	44,99 e B	224,37 b A	202,24 e B
Maragogipe	64,24 b A	50,16 d B	239,62 a A	211,92 c B
Caturra Vermelho	53,94 d B	62,34 b A	207,84 c B	225,39 b A
Caturra Amarelo	53,02 d A	47,37 e B	212,92 c A	207,84 d A
Catuaí Vermelho IAC 99	56,04 d A	58,44 c A	212,76 c A	196,90 f B
Híbrido de Timor	46,97 f A	46,81 e A	192,20 e A	188,70 g A
Obatã IAC 1669-20	58,59 c B	64,74 a A	206,99 c A	199,99 e B
Ouro Verde IAC 4395	52,34 d B	65,48 a A	208,88 c A	201,67 e B
Tupi Amarelo	68,69 a A	58,49 c B	206,81 c A	195,22 f B
Icatu Amarelo IAC 2944	49,41 e A	51,28 d A	205,29 c A	203,95 e A
Icatu Vermelho IAC 4045	46,20 f A	45,96 e A	201,04 d B	214,56 c A
Robusta	54,73 d A	36,03 f B	154,19 f B	161,18 h A
Conilon	65,57 b A	51,22 d B	240,32 a A	229,33 b B
CV (%)	3,36	2,94	1,9	1,55
Média	53,88	54,36	208,18	206,44

“Tabela 4, conclusão”

Genótipos	Mesofilo	
	Chuva	Seca
Typica	252,89 c B	278,69 b A
Bourbon Amarelo	249,91 c B	276,53 b A
Bourbon Vermelho	263,02 b A	261,46 d A
Mundo Novo 502-9	262,07 b A	265,50 c A
Mundo Novo IAC 379-19	269,62 b A	251,08 e B
Maragogipe	299,78 a A	268,49 c B
Caturra Vermelho	258,58 b B	306,28 a A
Caturra Amarelo	268,41 b A	253,64 e B
Catuaí Vermelho IAC 99	269,63 b A	250,11 e B
Híbrido de Timor	235,42 d A	235,99 f A
Obatã IAC 1669-20	264,86 b A	247,54 e B
Ouro Verde IAC 4395	274,06 b A	257,82 d B
Tupi Amarelo	260,59 b A	249,18 e B
Icatu Amarelo IAC 2944	255,40 c A	261,52 d A
Icatu Vermelho IAC 4045	239,05 d B	262,51 d A
Robusta	216,45 e A	201,73 g B
Conilon	302,84 a A	279,26 b B
CV (%)	3,20	1,28
Média	261,33	259,26

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott – Knott, ao nível de 5% de probabilidade e na linha letras maiúscula diferentes são significativamente diferentes entre si, pelo teste F ($P < 0,05$).

Na avaliação da espessura da cutícula para a época chuvosa, foi verificado um maior espessamento desse tecido para Bourbon Vermelho (5,71 μm), Mundo Novo 502-9 (6,10 μm) e Caturra Vermelho (5,99 μm), seguida pela Typica (5,23 μm) e Mundo Novo IAC 379-19 (5,16 μm), Catuaí Vermelho (5,14 μm), Icatu Amarelo (5,20 μm) e Conilon (5,23 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). O menor espessamento da cutícula foi verificado para Bourbon Amarelo (3,97 μm), Maragogipe (3,97 μm), Caturra Amarelo (3,85 μm), Híbrido de Timor (3,93 μm), Obatã (4,04 μm), Ouro Verde (3,86 μm) e Tupi Amarelo (4,16 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2).

Na época seca houve diferença nos resultados obtidos, em que a maior média foi observada para Maragogipe (4,58 μm), seguida por Bourbon Vermelho (4,03 μm), Bourbon Amarelo (4,20 μm), Icatu Vermelho (4,14 μm) e Conilon (4,01 μm). Essa diferença de espessura da cutícula é comumente considerada uma prevenção contra a transpiração (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009; LARCHER, 2000), além disso, essa característica é encontrada em plantas de ambientes ensolarados ou xéricos (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003). Indicando que esses genótipos possuem maior adaptabilidade às condições de alta temperatura. Os menores valores de espessura da cutícula foram observados para a cultivar Tupi amarelo (2,44 μm), possivelmente com menor plasticidade para essa característica. Os demais genótipos ocuparam posições intermediárias (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2).

Analisando-se as variações entre as épocas, não houve diferença no espessamento da cutícula apenas para as cultivares Bourbon Amarelo e Ouro Verde (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). Voltan, Fahl e Carelli (1992), avaliando a variação na anatomia de cinco cultivares de café não encontraram diferença na espessura da cutícula. Porém, no presente trabalho, essa diferença foi evidenciada provavelmente em virtude de um maior número

de genótipos por meio dos quais foi possível distinguir melhor essa característica.

As diferenças na espessura da cutícula podem ser mais evidentes em plantas submetidas à condições de estresse como alta radiação e déficit hídrico. Assim, os genótipos com maior potencial de tolerância podem demonstrar um espessamento desse tecido (BATISTA et al., 2010; SOUZA et al., 2010), na tentativa de reduzir a transpiração e aumentar a eficiência do uso da água. Portanto, a cultivar Maragogipe pode ser potencialmente mais tolerante a estresse hídrico, em decorrência do maior espessamento da cutícula verificado na época seca.

Verificou-se nesse trabalho que houve diferença no espessamento da epiderme adaxial entre os 17 genótipos em estudo (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). Voltan, Fahl e Carelli (1992) não verificaram variações nessa característica em cultivares de cafeeiro submetidos em diferentes intensidades luminosas. Possivelmente, nesse caso não houve diferença para essa característica para as cultivares avaliadas, devido ao curto período (quatro meses) no qual as cultivares foram submetidas às intensidades luminosas. No presente trabalho, observou-se na época chuvosa, para a epiderme adaxial, que os maiores valores corresponderam a Bourbon Amarelo (27,95 μm), Obatã (27,08 μm), Tupi Amarelo (27,41 μm) e Conilon (27,77 μm), sendo que os menores valores foram para Mundo Novo 502-9 (24,03 μm), Caturra Vermelho (23,39 μm) e Catuaí Vermelho (23,68 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2).

A variação encontrada para essa característica, nos genótipos estudados, pode ser justificada pelo maior período de tempo no qual essas estavam estabelecidas em campo, sujeitas não só às diferentes alterações na luminosidade devido à diferença entre a época seca e chuvosa, como também às variações no conteúdo de água no solo e outras variáveis do ambiente. Já na época seca, o

maior valor da epiderme adaxial correspondeu à Typica (28,91 μm) e o menor valor à Robusta (21,07 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). Não foram encontradas diferenças entre as épocas de avaliação, para as espessuras das epidermes adaxial, para as cultivares Catuaí Vermelho, Híbrido de Timor, Icatu Amarelo e Icatu Vermelho (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2).

A espessura da epiderme da face adaxial pode estar relacionada às condições de intensidade de radiação ou às condições hídricas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009; SOUZA et al., 2007), atenuando a radiação incidente e reduzindo a taxa transpiratória. Dessa maneira, os genótipos Typica, Obatã e Tupi Amarelo podem apresentar maior tolerância às condições de seca e alta intensidade luminosa.

Na avaliação do parênquima paliçádico, verificou-se na época chuvosa a maior espessura para Tupi Amarelo (68,69 μm), seguida pelas Maragogipe (64,24 μm) e Conilon (65,57 μm), já a menor espessura correspondeu à cultivar Bourbon Vermelho (40,64 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). Na época seca, os maiores valores médios de espessura desse tecido foi verificado para Mundo Novo 502-9 (64,22 μm), Obatã (64,74 μm), Ouro Verde (65,48 μm), seguido por Bourbon Amarelo (62,23 μm) e Caturra Vermelho (62,34 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2), sendo a menor espessura verificada para Robusta (36,03 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). O aumento em espessura do parênquima paliçádico aumenta significativamente o volume do mesofilo por área foliar, o que pode ser importante para as trocas gasosas em condições de irradiação elevada ou restrição hídrica (VOLTAN; FAHL; CARELLI, 1992). Ainda segundo esses autores, em trabalho realizado com *Coffea arábica*, encontraram um decréscimo no parênquima paliçádico e esponjoso á medida que se diminuía o nível de irradiância. Dessa maneira, Mundo Novo 502-9, Obatã e Ouro Verde podem apresentar melhor adaptação a esses ambientes.

Foi verificado para o parênquima esponjoso, que o maior desenvolvimento desse tecido na época chuvosa correspondeu às Maragogipe (239,62 μm) e Conilon (240,32 μm), seguidas por Bourbon Vermelho (220,65 μm) e Mundo Novo IAC 379-19 (224,37 μm), já o menor valor correspondeu à Robusta (154,19) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). Na época seca, o maior desenvolvimento desse tecido foi obtido pela Typica (238,29 μm), seguida por Caturra Vermelho (225,39 μm) e Conilon (229,33 μm), e o menor desenvolvimento desse tecido correspondeu à Robusta (161,18 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2). Esse tecido também conhecido como lacunoso é formado por células irregulares as quais delimitam espaços intercelulares de vários tamanhos (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012). Maior espessamento desse tecido pode favorecer o desempenho das plantas, quando o fator limitante for o CO_2 . Uma vez que esses espaços formam o sistema de aeração da planta (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009) e estão relacionados com o acúmulo de CO_2 necessário à fotossíntese.

Para a avaliação entre épocas não houve diferença no espessamento do parênquima esponjoso para Mundo Novo 502-9, Caturra Amarelo, Híbrido de Timor e Icatu Amarelo (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2).

O mesofilo nas folhas do cafeeiro é organizado dorsiventralmente, sendo formado pelo parênquima paliçádico e pelo parênquima esponjoso. Na avaliação do mesofilo na época chuvosa, verificou-se a maior espessura desse tecido para Maragogipe e Conilon com 299,78 μm e 302,84 μm , respectivamente. O menor espessamento do mesofilo foi obtido pela Robusta (216,45 μm) (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2), uma vez que essa variedade é cultivada em regiões com maiores temperaturas. Lima et al. (2013) também encontraram modificações anatômicas em folhas de cafeeiro após serem submetidas a stress por calor. Esses autores sugerem que altas temperaturas causam alterações na organização dos polissacarídeos da parede celular, modificando a estrutura

anatômica da folha, como a estrutura do parênquima paliçádico e pode causar danos nos cloroplastos, nos genótipos não adaptados.

Na época seca, o maior espessamento do mesofilo correspondeu à Caturra Vermelho, com 306,28 μm e o menor espessamento se deu para a Robusta (201,73 μm). Para as cultivares Bourbon Vermelho, Mundo Novo 502-9, Híbrido de Timor e Icatu Amarelo não foram observadas alterações na espessura do mesofilo, nas épocas chuvosa e seca (Tabela 4) (APÊNDICE A – Figura 2).

Diferentes genótipos de café demonstraram potencial para a tolerância ao estresse hídrico quanto às espessuras do parênquima paliçádico e parênquima esponjoso (BATISTA et al., 2010), sendo que o parênquima paliçádico está diretamente relacionado com a utilização da radiação na fotossíntese e o parênquima esponjoso pela captação do CO_2 (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Portanto, os maiores valores para esses tecidos, apresentados pelos genótipos Maragogipe, Caturra Vermelho e o Conilon, podem conferir uma maior capacidade fotossintética.

3.1.3 Caracterização dos estômatos

Os estômatos do cafeeiro têm distribuição na epiderme da face abaxial, caracterizando a folha como hipoestomática (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009), e são do tipo paracítico. A variação dessa característica para os diferentes genótipos estudados, encontram-se na Tabela 5 (APÊNDICE A – Figura 3).

Tabela 5 Características anatômicas das secções paradérmicas de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig – Patrocínio, MG

Genótipos	Densidade estomática		Funcionalidade estomática	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca
Typica	202,35 d A	178,95 d B	1,49 a A	1,40 c B
Bourbon Amarelo	220,25 c A	178,95 d B	1,47 a A	1,42 c A
Bourbon Vermelho	227,13 c A	184,46 d B	1,48 a A	1,52 b A
Mundo Novo 502-9	199,60 d A	184,46 d B	1,47 a B	1,56 a A
Mundo Novo IAC 379-19	216,12 c B	232,64 b A	1,50 a B	1,59 a A
Maragogipe	152,80 e B	169,32 e A	1,53 a A	1,55 b A
Caturra Vermelho	205,11 d A	170,69 e B	1,46 a B	1,59 a A
Caturra Amarelo	245,03 b A	214,74 c B	1,49 a A	1,50 b A
Catuaí Vermelho IAC 99	198,22 d A	185,83 d B	1,48 a B	1,57 a A
Híbrido de Timor	203,73 d A	184,46 d B	1,46 a A	1,52 b A
Obatã IAC 1669-20	194,09 d A	147,29 f B	1,48 a A	1,49 b A
Ouro Verde IAC 4395	239,52 b A	147,29 f B	1,48 a B	1,55 a A
Tupi Amarelo	194,09 d A	148,67 f B	1,60 a A	1,53 b B
Icatu Amarelo IAC 2944	199,60 d A	184,46 d B	1,53 a B	1,61 a A
Icatu Vermelho IAC 4045	188,59 d A	148,67 f B	1,50 a A	1,51 b A
Robusta	399,20 a A	272,56 a B	1,37 a A	1,41 c A
Conilon	196,85 d B	210,61 c A	1,53 a B	1,45 c A
CV (%)	3,21	3,80	2,72	2,45
Média	216,60	184,94	1,49	1,52

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott – Knott, ao nível de 5% de probabilidade e na linha letras maiúscula diferentes são significativamente diferentes entre si, pelo teste F ($P < 0,05$)

Para a densidade estomática foi verificada significativa superioridade para a Robusta na época chuvosa (399,20), seguida por Ouro Verde (239,52) e Caturra Amarelo (245,03). A menor densidade estomática correspondeu à

Maragogipe (152,80). Na época seca, a maior densidade estomática foi obtida pela Robusta (272,56), Mundo Novo IAC 379-19 (232,64), e o menor resultado dessa característica foi da Maragogipe (169,32). Resultado semelhante foi verificado no trabalho de Voltan, Fahl e Carelli (1992) em que a espécie *C.canephora* apresentou estômatos de menores dimensões, e em maior número por área, do que as cultivares de *C. arabica* e do híbrido interespecífico.

Houve diferença de densidade estomática para todos os materiais genéticos entre as épocas seca e chuvosa (APÊNDICE A - Figura 3). As cultivares Mundo Novo IAC 379-19, Maragogipe e Conilon apresentaram maior densidade estomática na época seca e todos os demais materiais na época chuvosa.

As densidades estomáticas mais altas podem ser relacionadas às condições xéricas, pois quanto maior a frequência estomática por unidade de área, maior a eficiência de trocas gasosas no período em que os estômatos estão abertos (LLERAS, 1977). Além disso, maior quantidade de estômatos por unidade de área pode ser considerada como uma estratégia de conservação de água das folhas que se desenvolvem em solos com menor capacidade de reter água e sob alta luminosidade (LLERAS, 1977; LARCHER, 2000). Dessa forma, a maior densidade estomática verificada para a Robusta, seguida por Ouro Verde e Caturra Amarelo na chuva e por Mundo Novo IAC 379-19 na seca, podem indicar uma melhor adaptação desses genótipos às condições de baixa disponibilidade de água e maior radiação.

Na avaliação da funcionalidade estomática, observou-se que não houve efeito dessa característica na época chuvosa entre todos os genótipos testados. Na época seca, os maiores valores para a funcionalidade estomática corresponderam à Mundo Novo 502-9 (1,56), Mundo Novo IAC 379-19 (1,59), Caturra Vermelho (1,59), Catuaí Vermelho (1,57), Ouro Verde (1,55) e Icatu Amarelo (1,61). Pode-se associar uma maior funcionalidade estomática com a

redução da transpiração, pois os estômatos se tornam mais elípticos (BATISTA et al., 2010; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009; SOUZA et al., 2010). Essa redução da transpiração pode ainda estar associada com uma maior densidade estomática, que é observada em condições de maior quantidade de radiação e de menor disponibilidade de água (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Nesse caso, o Robusta destacou-se com adaptações para esse tipo de ambiente.

Sob influência dos fatores ambientais, o cafeeiro pode desenvolver estratégias como variações anatômicas e fisiológicas para manter-se e propagar nos mais diversos ambientes. As características morfológicas das plantas são determinadas geneticamente, mas podem sofrer influências do ambiente, como uma forma de adaptação (DAVY; NOBLE; OLIVER, 1990). Assim, é possível usar a anatomia como uma ferramenta a ser utilizada no melhoramento genético, em relação à seleção de plantas com características determinadas, para as diferentes condições de ambiente.

Verificou-se, neste trabalho, que a anatomia foliar pode indicar características que atribuem tolerância a diferentes condições ambientais, como tolerância à seca (BATISTA et al., 2010; GRISI et al., 2008), promovendo modificações na espessura dos tecidos foliares e nas características estomáticas.

3.2 Cultivares da Epamig

O coeficiente de variação para as características com base na análise conjunta dos dois locais variou de 1,47% (EMS) a 4,88 (CTA), isso evidencia uma boa confiabilidade dos dados (Tabela 6). Houve diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,01$), para todas as características avaliadas, ou seja, essas poderiam ser usadas para a caracterização do cafeeiro.

No que se refere ao efeito de ambiente, apenas para ESF e PPA, os locais Patrocínio e Três Pontas proporcionam condições semelhantes no comportamento das características para as cultivares avaliadas ($P>0,01$) (Tabela 6). Face à avaliação em dois ambientes, o importante é verificar se há presença da interação cultivares x ambiente, uma vez que as cultivares podem apresentar um ordenamento diferente nos ambientes avaliados. Assim, para todas as características avaliadas houve interação cultivares x ambientes ($P<0,01$) (Tabela 6).

Tabela 6 Resumo da análise de variância conjunta para as características NVX: número de vasos do xilema, DVX: diâmetro do vaso do xilema; ESF: espessura do floema, CTA: espessura da cutícula da face adaxial, EAD: espessura epiderme da face adaxial, PPA: espessura do parênquima paliçádico, PES: espessura do parênquima esponjoso, MES: espessura do mesofilo, DE: densidade estomática, FUN: funcionalidade estomática de 11 cultivares de cafeeiro da Epamig, em Patrocínio e Três Pontas - MG

FV	GL	QM				
		NVX	DVX	ESF	CTA	EAD
Cultivar (C)	10	638,2495**	12,7970**	363,4381**	1,3020**	20,4626**
Ambiente (A)	1	82,2470**	13,6591**	1,9067 ^{ns}	21,0971**	16,0501**
C x A	10	348,6965**	5,5928**	269,2586**	1,2784**	13,0191**
Erro	44	48,349	0,0889	22,677	0,0334	0,6674
Média		138,84	15,56	62,26	3,75	24,49
CV (%)		1,58	1,92	2,42	4,88	3,34
		PPA	PES	MES	DE	FUN
Cultivar (C)	10	605,8247**	3390,2626**	6073,2751**	1472,6007**	0,0095**
Ambiente (A)	1	1,4421 ^{ns}	766,2275**	290,5520**	753,4900**	0,0098**
C x A	10	414,2135**	1453,9241**	3690,0937**	1340,7157**	0,0031**
Erro	44	34,053	195,100	149,546	258,395	0,0013
Média		60,41	204,47	263,55	179,58	1,50
CV (%)		3,05	2,16	1,47	2,83	2,41

A fim de entender melhor o efeito da interação cultivares x ambientes, fez-se o desdobramento do efeito de cultivares nos ambientes avaliados. Isso porque os ambientes apresentam condições climáticas distintas, no qual Patrocínio é uma região com clima mais quente e deficit hídrico maior em relação a Três Pontas. Adaptações de plantas da mesma espécie aos diferentes habitats estão associadas à características fisiológicas e morfológicas distintas (LARCHER, 2000), com isto é possível identificar, de acordo com as

características anatômicas avaliadas, em qual ambiente cada cultivar é mais adaptada.

A exemplo disso foi verificado que a cultivar Topázio apresentou maior desenvolvimento de número de vasos do xilema em Patrocínio (152,44) e o menor número de vasos correspondeu às cultivares Travessia (121,67) e Paraíso (125,67). Já em Três Pontas, o maior valor foi encontrado para as cultivares Rubi (160,33) e Sacramento (163,33) e o menor valor para as cultivares Travessia (120,56) e Paraíso (121,33), semelhante a Patrocínio (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 4).

Tabela 7 Médias de 11 cultivares de cafeeiro avaliadas conjuntamente e nos ambientes de Patrocínio e Três Pontas, para características anatômicas NVX: número de vasos do xilema, DVX: diâmetro do vaso do xilema; ESF: espessura do floema, CTA: espessura da cutícula da face adaxial, AD: espessura epiderme da face adaxial, PPA: espessura do parênquima paliçádico, PES: espessura do parênquima esponjoso, EMS: espessura do mesofilo, DE: densidade estomática, FUN: funcionalidade estomática

Cultivar	NVX			DVX		
	Conjunta ¹	PA ²	TP ³	Conjunta	PA	TP
Acaiaí Cerrado	140,00c	142,22cA	137,78dB	14,04e	13,09gB	15,00cA
Araponga	146,45b	137,22dB	155,67bA	14,56e	14,17eB	14,95cA
Catiguá MG2	131,22d	130,78eA	131,67eA	17,40a	16,06cB	18,75aA
Catiguá MG3	138,89c	138,78dA	139,00dA	16,67b	14,86dB	18,48aA
Paraíso	123,50e	125,67fA	121,33gB	16,03c	14,96dB	17,11bA
Rubi	145,00b	129,67eB	160,33aA	14,19e	15,03dA	13,34dB
Sacramento	152,61a	141,89cB	163,33aA	16,76b	16,73bA	16,79bA
Travessia	121,67e	122,78fA	120,56gA	12,95f	12,82gA	13,07dA
Oeiras	138,56c	140,11cA	137,00dA	17,26a	17,68aA	16,83bB
Pau-Brasil	136,94c	147,44bA	126,44fB	15,89c	16,89bA	14,89cB
Topázio	152,44a	158,44aA	146,44cB	15,43d	13,88fB	16,97bA
		ESF			CTA	
Acaiaí Cerrado	50,21f	48,28eB	52,14gA	4,46a	4,18bB	4,73aA
Araponga	63,80c	58,35cB	69,24cA	3,5c	4,15bA	2,86dB
Catiguá MG2	69,59b	72,56aA	66,61dB	4,24a	5,19aA	3,29cB
Catiguá MG3	71,77a	61,37cB	82,17bA	3,44c	4,38bA	2,49eB
Paraíso	59,90d	60,47cA	59,32eA	4,5a	5,26aA	3,74bB
Rubi	72,42a	60,37cB	84,46aA	3,17c	4,22bA	2,13fB
Sacramento	68,45b	71,83aA	65,06dA	3,58c	3,95bA	3,21cB
Travessia	51,85f	52,82dA	50,88gB	3,32c	3,08cB	3,55bA
Oeiras	63,04c	70,14aA	55,95fB	3,41c	4,32bA	2,49eB
Pau-Brasil	56,04e	64,34bA	47,73hB	3,93b	4,30bA	3,56bB
Topázio	57,84e	62,49bA	53,2gB	3,66c	4,39bA	2,93dB

“Tabela 7, continua”

Cultivar	EAD			PPA		
	Conjunta ¹	PA ²	TP ³	Conjunta	PA	TP
Acaiá Cerrado	24,64b	25,52bA	23,76bB	55,04e	57,60dA	52,48fB
Araponga	22,79c	23,72cA	21,87cB	71,31b	54,67dB	87,95bA
Catiguá MG2	25,76b	26,54aA	24,99bB	55,03e	61,23cA	48,83gB
Catiguá MG3	28,29a	27,27aB	29,30aA	83,01a	68,18bB	97,85aA
Paraíso	24,80b	26,73aA	22,87cB	61,73d	65,60bA	57,86dB
Rubi	24,22b	23,64cA	24,79bA	52,52e	55,38dA	49,67gB
Sacramento	24,97b	25,36bA	24,58bA	67,30c	72,27aA	62,33cB
Travessia	20,92d	22,41dA	19,44dB	55,00e	54,76dA	55,24eA
Oeiras	24,03b	26,63aA	21,43cB	59,70d	61,03cA	58,37dA
Pau-Brasil	25,41b	26,16aA	24,66bB	47,61f	57,40dA	37,83hB
Topázio	23,50c	20,78eB	26,22bA	56,24e	58,01dA	54,47eB
		PES		MES		
Acaiá Cerrado	191,68e	187,93eB	195,43eA	242,88e	244,85eA	240,91eA
Araponga	215,90c	202,92cB	228,88cA	288,71b	264,84cB	312,58bA
Catiguá MG2	184,25e	185,58eA	182,93fA	239,12e	248,43eA	229,82fB
Catiguá MG3	239,23b	196,12dB	282,34aA	320,27a	253,57dB	386,96aA
Paraíso	190,71e	192,53dA	188,89fB	250,66d	262,80cA	238,52eB
Rubi	200,20d	195,23dB	205,18dA	247,47d	245,92eA	249,02dA
Sacramento	253,27a	269,45aA	237,09bB	319,34a	343,37aA	295,31cB
Travessia	172,90f	173,39fA	172,41gA	226,43f	227,26fA	225,60fA
Oeiras	202,61d	216,27bA	188,94fB	259,54c	278,24bA	240,83eB
Pau-Brasil	206,08d	205,52cA	206,64dA	258,07c	261,32cA	254,82dB
Topázio	192,32e	186,74eB	197,90eA	246,60d	245,41eA	247,80dA

“Tabela 7, conclusão”

Cultivar	DE			FUN		
	Conjunta ¹	PA ²	TP ³	Conjunta	PA	TP
Acaiá Cerrado	158,30e	140,41cB	176,20dA	1,55a	1,57aA	1,53aA
Araponga	207,86a	214,74aA	200,98bB	1,51a	1,50aA	1,53aA
Catiguá MG2	165,88e	170,70bA	161,06eB	1,53a	1,50aA	1,56aA
Catiguá MG3	196,16b	176,20bB	216,12aA	1,52a	1,50aA	1,54aA
Paraíso	195,47b	221,62aA	169,32dB	1,57a	1,52aB	1,61aA
Rubi	176,20d	176,20bA	176,20dA	1,49b	1,51aA	1,46bA
Sacramento	164,50e	170,70bA	158,30eB	1,51a	1,48aA	1,53aA
Travessia	182,39c	162,44bB	202,35bA	1,42b	1,40bA	1,44bA
Oeiras	182,40c	172,07bB	192,72cA	1,48b	1,45bB	1,51aA
Pau-Brasil	181,71c	163,81bB	199,60bA	1,48b	1,49aA	1,47bA
Topázio	164,50e	169,32bA	159,68eB	1,47b	1,47bA	1,48bA

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott – Knott, ao nível de 5% de probabilidade e na linha letras maiúscula diferentes são significativamente diferentes entre si, pelo teste F (P<0,05)

¹Médias da análise conjunta ²Médias de Patrocínio ³Médias de Três Pontas

Para o diâmetro dos vasos do xilema, observou-se que a Cultivar Oeiras foi superior aos demais tratamentos em Patrocínio (17,68 μm) e o menor valor dessa característica correspondeu à ‘Acaiá Cerrado’ (13,09 μm). Em Três Pontas, o maior diâmetro dos vasos do xilema foi verificado para as cultivares Catiguá MG2 (18,75 μm) e Catiguá MG3 (18,48 μm) e o menor diâmetro foi para Rubi (13,34 μm) e Travessia (13,07 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 4).

Na avaliação do floema, verificou-se o maior espessamento desse tecido para as cultivares Catiguá MG2 (72,56 μm) e Oeiras (70,14 μm) em Patrocínio, e o menor espessamento foi para Acaiá Cerrado (48,28 μm). Já em Três Pontas, a cultivar Rubi apresentou o maior espessamento do floema (84,46 μm) e a cultivar Pau-Brasil obteve o menor espessamento (47,73 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 4).

Para a espessura da cutícula na região de Patrocínio, foi verificado um maior espessamento desse tecido para as cultivares Catiguá MG2 (5,19 μm) e Paraíso (5,26 μm) e o menor espessamento da cutícula foi observado para Travessia (3,08 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5). Em Três Pontas, houve diferença nos resultados obtidos, em que a maior média foi observada para a cultivar Acaiá Cerrado (4,73 μm), sendo que a menor média de espessura da cutícula foi observada para a cultivar Rubi (2,13 μm), e as demais ocuparam posições intermediárias (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5).

Foi verificado que, à exceção das cultivares Acaiá Cerrado e Travessia as demais tiveram um maior espessamento da cutícula, na região de Patrocínio, em relação à Três Pontas (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5). Nesse trabalho, diferença no espessamento da epiderme adaxial entre as cultivares em estudo, foi observada (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5). E os maiores valores dessa característica, para a região de Patrocínio corresponderam às cultivares Catiguá MG2 (26,54 μm), Catiguá MG3 (27,27 μm), Paraíso (26,73 μm), Oeiras (26,63 μm) e Pau-Brasil (26,16 μm). E os menores valores para Topázio (20,78 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5). Na região de Três Pontas, o maior valor da epiderme adaxial correspondeu à 'Catiguá MG3' (29,30 μm) e o menor valor à 'Travessia' (19,44 μm), as demais ocuparam posição intermediária quanto a essa característica. Foi possível observar ainda que, apenas as cultivares Catiguá MG3 e Topázio tiveram um maior espessamento da epiderme adaxial na região de Três Pontas, as demais espessaram mais esse tecido na região de Patrocínio (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5).

A espessura da epiderme da face adaxial pode estar relacionada com as condições de intensidade de radiação ou das condições hídricas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009; SOUZA et al., 2007), atenuando a radiação incidente e reduzindo a taxa transpiratória. Dessa maneira, as cultivares Catiguá MG2, Catiguá MG3, Paraíso, Oeiras e Pau-Brasil podem apresentar maior tolerância às

condições de seca, pelo maior espessamento da epiderme verificado na região de Patrocínio.

Na avaliação do parênquima paliçádico verificou-se, em Patrocínio, a maior espessura para a cultivar Sacramento (72,27 μm) seguida pelas Catiguá MG3 (68,18 μm) e Paraíso (65,60 μm), já a menor espessura correspondeu a seis cultivares, sendo Acaiá Cerrado, Araponga, Rubi, Travessia, Pau-Brasil e Topázio (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5). Em Três Pontas, foi verificado um grande espessamento do parênquima paliçádico para a cultivar Catiguá MG3 (97,85 μm), em que essa se destacou das demais. A espessura desse tecido foi muito variável nessa região, e o menor valor observado correspondeu à cultivar Pau-Brasil (37,83 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5). Foi verificado ainda que apenas as cultivares Travessia e Oeiras não apresentaram diferença no espessamento do parênquima paliçádico, nas duas regiões em estudo.

Segundo Medri e Perez (1980), a rusticidade é dada pela forte compactação mesofilica, com abundante parênquima paliçádico, em relação ao esponjoso. Sendo assim, a cultivar Sacramento, em Patrocínio e Catiguá MG3, em Três Pontas podem apresentar uma maior rusticidade nesses dois ambientes.

Para o parênquima esponjoso foi verificado que o maior desenvolvimento desse tecido, em Patrocínio, correspondeu à cultivar Sacramento (269,45 μm), seguida por Oeiras (216,27 μm), já o menor valor correspondeu à 'Travessia' (173,39) (Tabela 7). Já em Três Pontas, o maior desenvolvimento desse tecido foi obtido pela Catiguá MG3 (282,34 μm), seguida por Sacramento (237,09 μm), e o menor desenvolvimento desse tecido correspondeu à Travessia (172,41 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5).

O mesofilo nas folhas do cafeeiro é organizado dorsiventralmente, sendo formado pelo parênquima paliçádico e pelo parênquima esponjoso. Na avaliação do mesofilo em Patrocínio, verificou-se a maior espessura desse tecido para 'Sacramento' (343,37 μm), seguida por 'Oeiras' (278,24 μm) e o menor

espessamento desse tecido foi obtido pela ‘Travessia’ (227,26 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5).

Na região de Três Pontas, o maior espessamento do mesofilo correspondeu à ‘Catiguá MG3’ com 386,96 μm e o menor espessamento se deu para a ‘Catiguá MG2’ (229,82 μm) e ‘Travessia’ (225,60 μm) (Tabela 7) (APÊNDICE A – Figura 5). As cultivares Acaiá Cerrado, Rubi, Travessia e Topázio não apresentaram modificação da espessura do mesofilo, em relação aos locais avaliados neste trabalho (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 5).

De acordo com Moraes et al. (2003), plantas cultivadas a pleno sol desenvolvem reforços mecânicos para evitar a perda de água, como folhas menores, mais densas, com grande espessura da parede celular, cutícula e mesofilo. Desse modo, pode-se inferir que as cultivares Catiguá MG2, Paraíso e Sacramento podem ser mais tolerantes à perda de água na região de Patrocínio, onde os níveis de radiação e o déficit hídrico são maiores.

Na região de Patrocínio, foi verificado maior efeito da densidade estomática para as cultivares Araponga (214,74) e Paraíso (221,62), sendo que o menor valor dessa característica correspondeu à ‘Acaiá Cerrado’ (140,41). Na região de Três Pontas, foi observada maior densidade estomática para ‘Catiguá MG3’ (216,12) e o menor resultado dessa característica foi para as cultivares Catiguá MG2 (161,06), Sacramento (158,30) e Topázio (159,68) (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 6). Ressalta-se que apenas a cultivar Rubi não apresentou diferença de densidade estomática, em relação aos dois locais em estudo.

A maior quantidade de estômatos por unidade de área pode ser considerada como uma estratégia de conservação de água das folhas que se desenvolvem em solos com menor capacidade de reter água e sob alta luminosidade (LARCHER, 2000). Dessa forma, a maior densidade estomática verificada para as cultivares Araponga e Paraíso, em Patrocínio e por ‘Catiguá

MG3' em Três Pontas, podem indicar uma melhor adaptação desses genótipos às condições de baixa disponibilidade de água e maior radiação. Morais et al. (2004) verificaram maior densidade estomática no cafeeiro em condições de seca.

Na avaliação da funcionalidade estomática na região de Patrocínio, observaram-se os menores valores para as cultivares Travessia, Oeiras e Topázio, as demais cultivares obtiveram resultados superiores e semelhantes para essa característica. Em Três Pontas, os menores efeitos da funcionalidade estomática correspondeu às cultivares Rubi, Travessia, Pau-Brasil e Topázio, as demais cultivares tiveram efeitos semelhantes e superiores (Tabela 7) (APÊNDICE A - Figura 6).

A maior funcionalidade estomática pode favorecer uma maior eficiência no uso da água, pois os estômatos podem assimilar gás carbônico com uma abertura estomática menor, evitando assim perdas de água (PEREIRA, 2008). Desse modo, as cultivares Travessia e Topázio podem não apresentar um eficiente uso da água, em decorrência da menor funcionalidade estomática verificada em Patrocínio e em Três Pontas.

Sob influência dos fatores ambientais, o cafeeiro pode desenvolver estratégias como variações anatômicas e fisiológicas para manter-se e propagar nos mais diversos ambientes, e as características que diferenciam as plantas, que pertencem a diferentes habitats, são claramente evidenciadas nas folhas. De acordo com Morais et al. (2004), as características xeromórficas são determinadas pelas diferenças na expressão genética entre as espécies e as plantas se adaptam de acordo com as condições médias de radiação existentes durante a morfogênese, ressaltando porém, que os fatores ambientais podem induzir um certo nível de xeromorfia entre folhas da mesma espécie.

4 CONCLUSÃO

Foram verificadas modificações nos tecidos foliares das cultivares da Epamig, nos diferentes ambientes.

REFERÊNCIAS

- APPEZZATO-da-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Ed.). **Anatomia vegetal**. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV, Viçosa, 2012.
- BALIZA, D. P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 250-258, set./dez, 2012.
- BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.
- BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 61-72, mar. 2003.
- CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora da UFPA, 2009.
- DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Phoenix, v. 86, n. 2-3, p. 99-114, Mar. 2004.
- DAVY, A. J.; NOBLE, S. M.; OLIVER, R. P. Genetic variation and adaptation to flooding in plants. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 91-108, Oct. 1990.
- FAGAN, E. B. et al. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'catuaí' e 'siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.

- HACKE, U. G.; SPERRY, J. S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Sistematics**, Jena, v. 4, n. 2, p. 97-115, 2001.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill, 1940.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Econômica, 1948.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Edur, 1997.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.
- LIMA, R. B. et al. Heat stress causes alterations in the cell-wall polymers and anatomy of coffee leaves (*Coffea arabica* L.). **Carbohydrates Polymers**, London, v. 93, n. 1, p. 135-143, Mar. 2013.
- LLERAS, E. Differences in stomatal number per unit area within the same species under different microenvironmental conditions: a working hypothesis. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 7, n. 4, p. 473-476, 1977.
- MEDRI, M. E.; PEREZ, E. L. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Mell. Arg. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, n. 3, p. 463-493, 1980.
- MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.
- MORAIS, H. et al. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863-871, Nov. 2004.
- MORAIS, H. **Efeitos do sombreamento de cafeeiros (*Coffea Arabica* L.) com guandu (*Cajanus Cajan* (L.) Millsp.) no norte do Paraná**. 2003. 118 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.
- NASCIMENTO, E. A. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 852-857, jun. 2006.

NAVAS, M. L.; GARNIER, E. Plasticity of whole plant and leaf traits in *Rubia perigrina* in response to light, nutrient and water availability. **Acta Oecologica**, Paris, v. 23, n. 6, p. 375–383, Dec. 2002.

PEREIRA, F.J. **Caracterização das modificações morfo-anatômicas e bioquímicas em ciclos de seleção do milho Saracura, para tolerância ao encharcamento do solo**. 2008. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ROÇAS, G.; SCARANO, F. R.; BARROS, C. F. Leaf anatomical variation in *Alchornea triplinervia* (Spreng) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) under distinct light and soil water regimes. **Botanical Journal of Linnean Society**, London, v. 136, n. 2, p. 213-238, June 2001.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Interrelações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 183-194, jan./mar. 2005.

SOUZA, G. S. et al. Estrutura foliar e de cloroplastídeos em *Mikania laevigata* Shultz Bip. ex Baker em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 78-80, jul. 2007.

SOUZA, T. C. de et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 16-24, jan. 2010.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiro submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Fotomicrografias

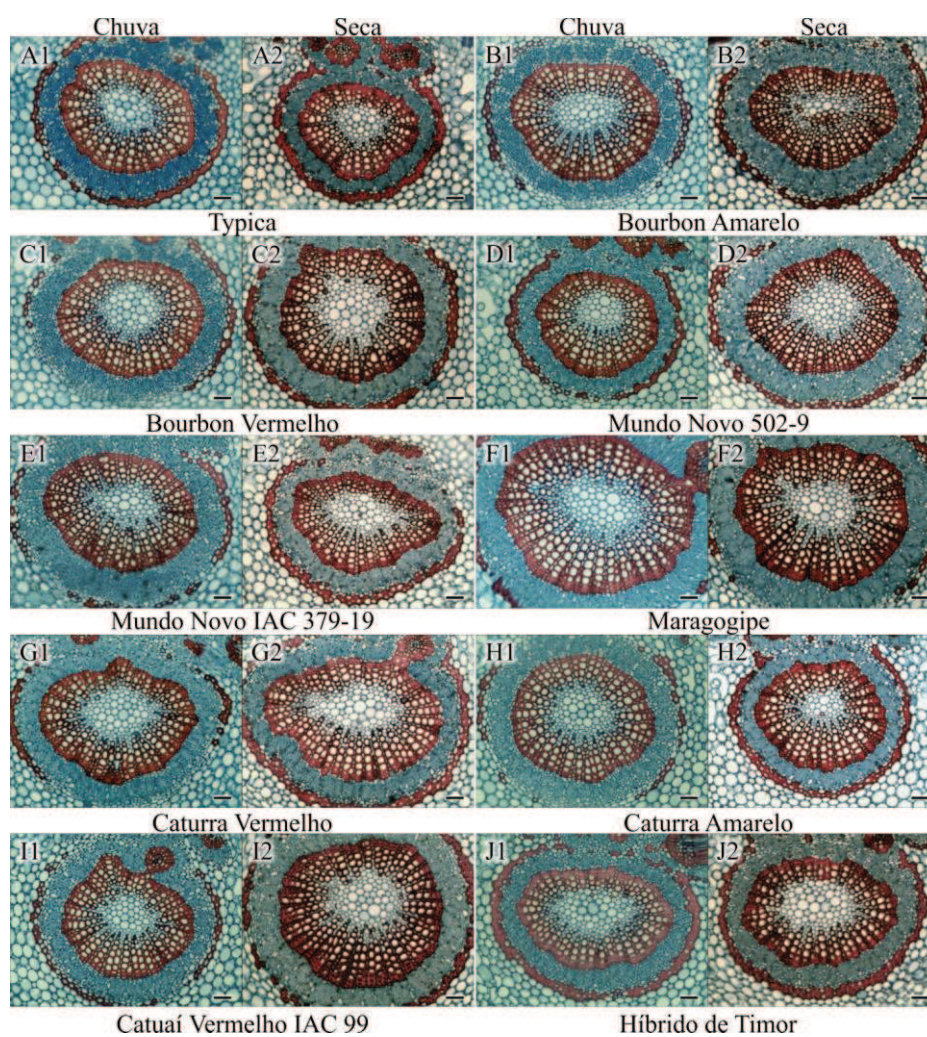
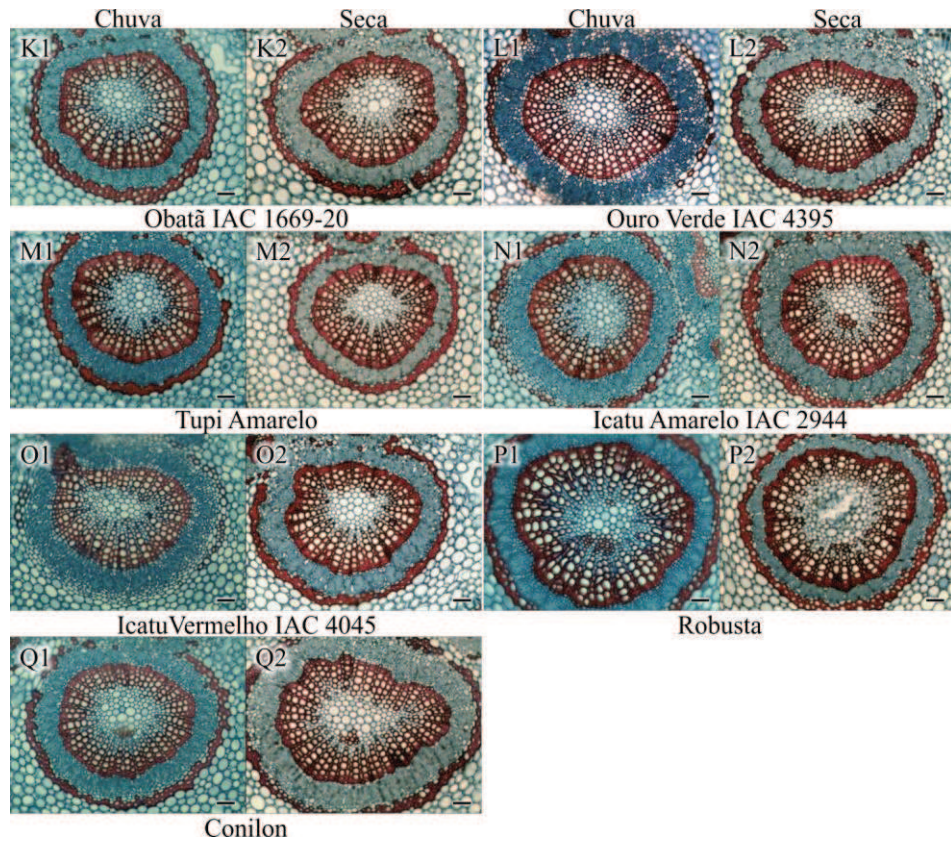


Figura 1 Fotomicrografias dos feixes vasculares de folhas de 17 genótipos de café do banco de germoplasma da Epamig avaliados nas épocas chuvosa e seca em Patrocínio, MG. Barra 100 µm.

(...continua...)

“Figura 1, conclusão”



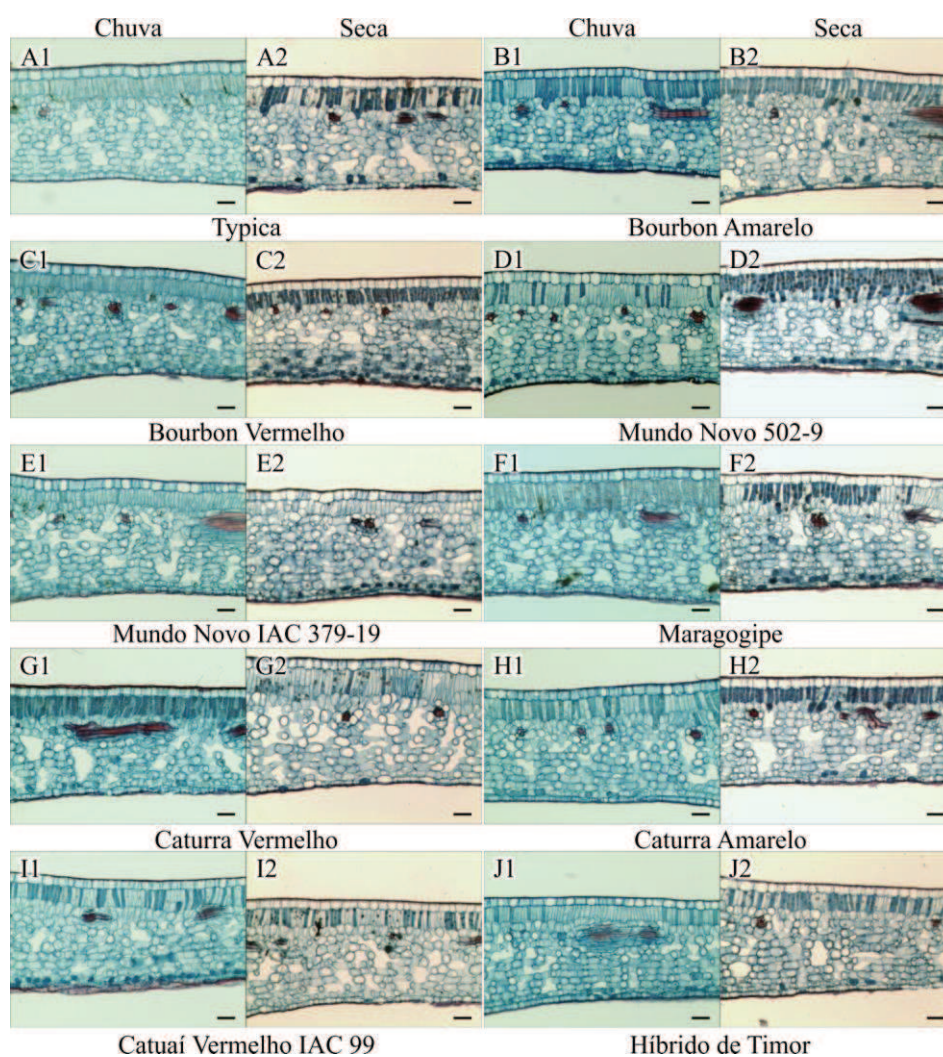
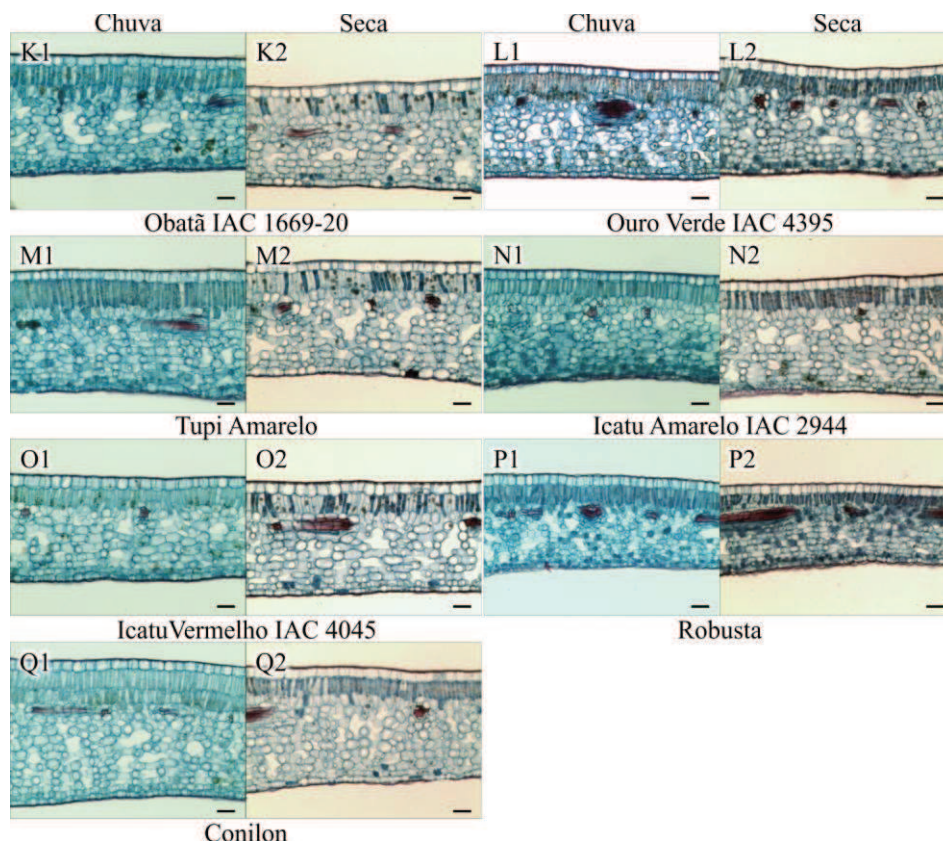


Figura 2 Fotomicrografias dos tecidos foliares de folhas de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig avaliados nas épocas chuvosa e seca em Patrocínio, MG. Barra 100 μm

(...continua...)

“Figura 2, conclusão”



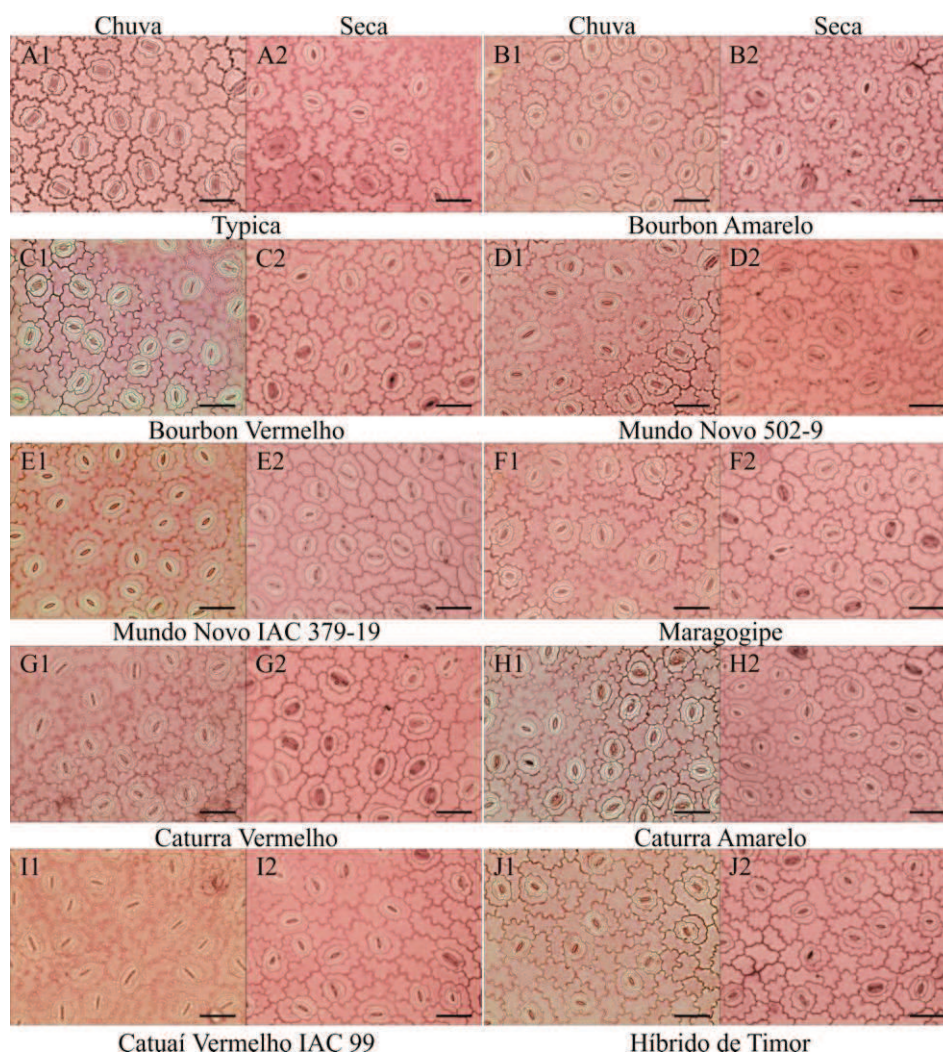
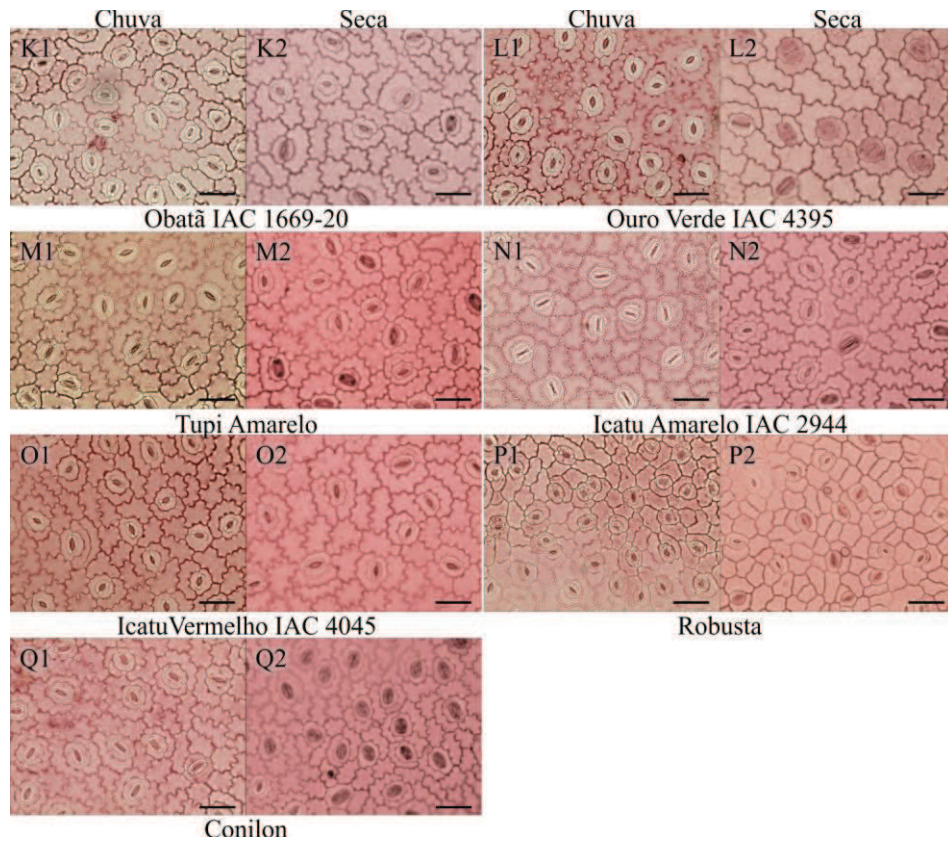


Figura 3 Fotomicrografias de secções paradérmicas de folhas de 17 genótipos de cafeeiro do banco de germoplasma da Epamig avaliados nas épocas chuvosa e seca em Patrocínio, MG. Barra 50 µm.

“Figura 3, conclusão”



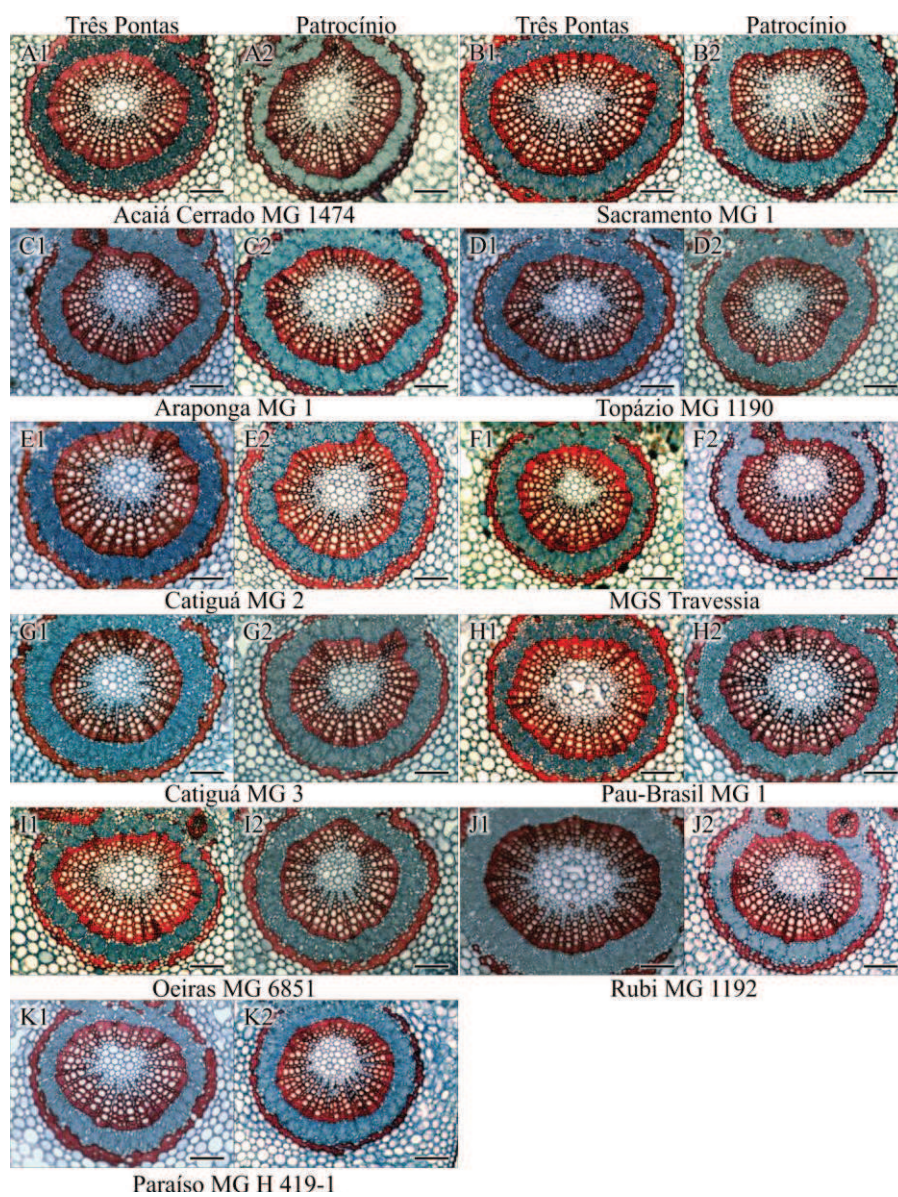


Figura 4 Fotomicrografias dos feixes vasculares de folhas de 11 cultivares de cafeeiro da Epamig avaliadas em Três Pontas e Patrocínio, MG. Barra 100 μm .

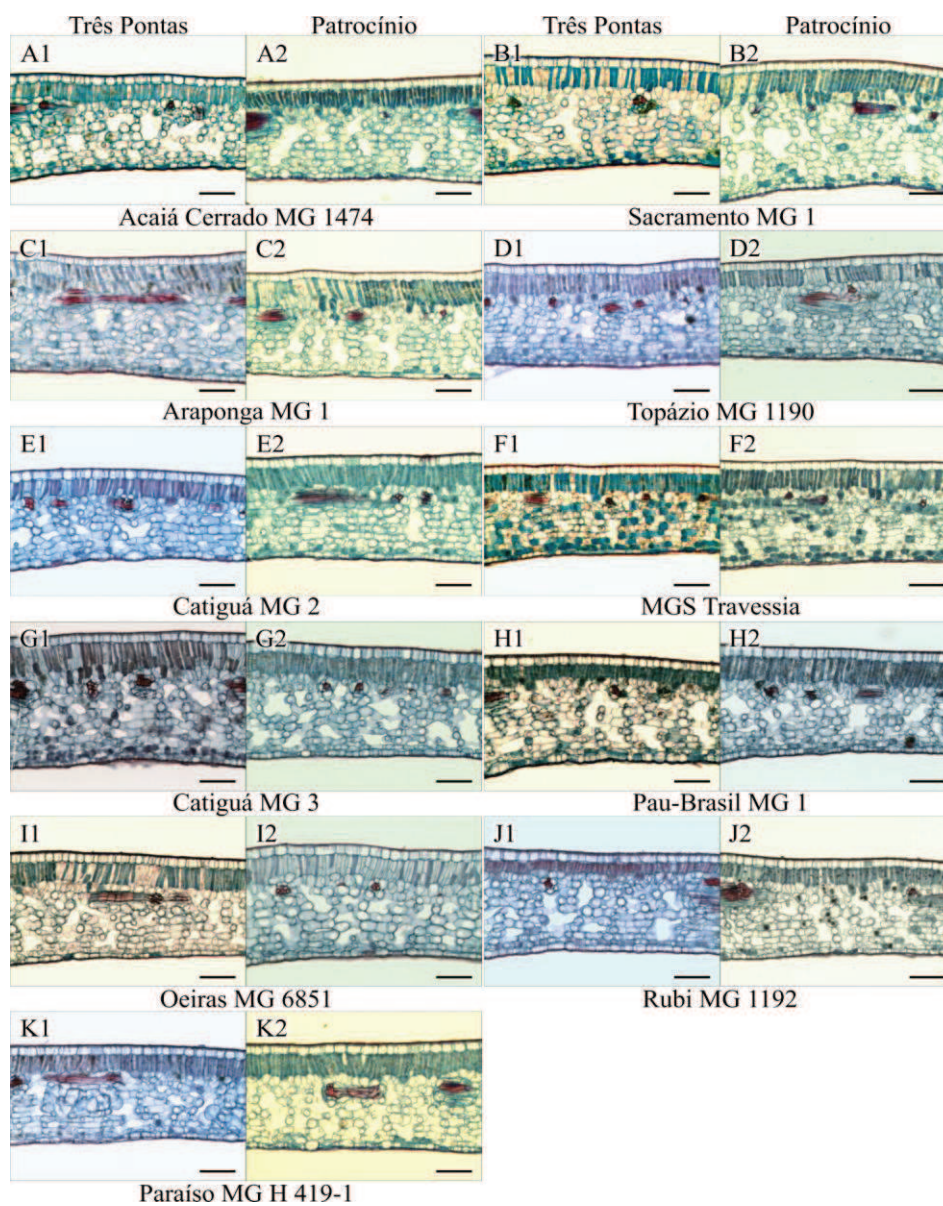


Figura 5 Fotomicrografias dos tecidos foliares de 11 cultivares de cafeeiro da Epamig avaliadas em Três Pontas e Patrocínio, MG. Barra 100 μm .

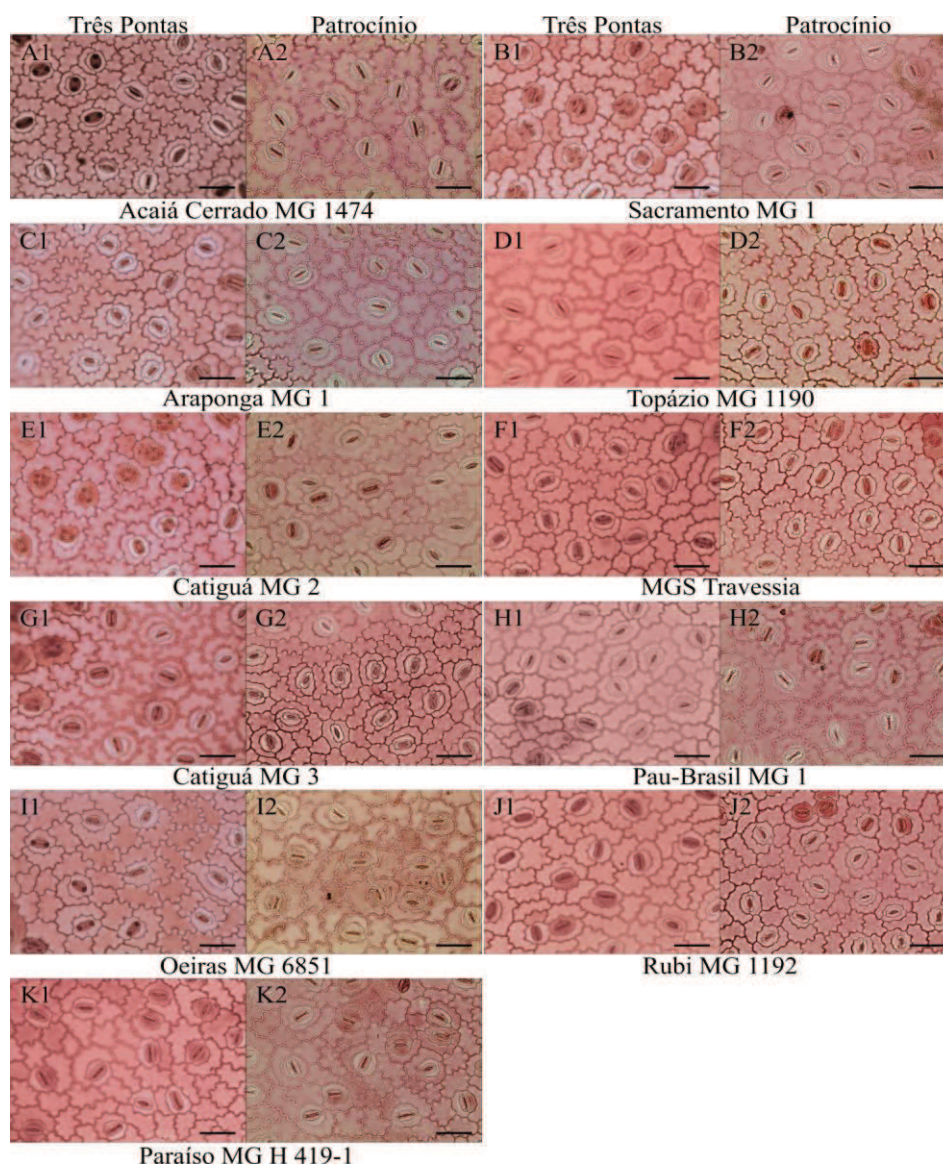


Figura 6 Fotomicrografias de secções paradérmicas de 11 cultivares de cafeeiro da Epamig avaliadas em Três Pontas e Patrocínio, MG. Barra 50 μ m.