



INÊS MARIA MACULAN DE OLIVEIRA

**POR DENTRO DOS CAFEEIROS - A ANATOMIA DA
MADEIRA COMO FERRAMENTA PARA DISTINÇÃO DE
CULTIVARES DE *COFFEA ARABICA* L. (RUBIACEAE).**

LAVRAS – MG

2022

INÊS MARIA MACULAN DE OLIVEIRA

**“POR DENTRO DOS CAFEEIROS - A ANATOMIA DA MADEIRA COMO
FERRAMENTA PARA DISTINÇÃO DE CULTIVARES DE *COFFEA ARABICA*
L. (RUBIACEAE).”**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

Ma. Jéfyne Campos Cárreira
Coorientadora

LAVRAS – MG

2022

INÊS MARIA MACULAN DE OLIVEIRA

**“POR DENTRO DOS CAFEEIROS - A ANATOMIA DA MADEIRA COMO
FERRAMENTA PARA DISTINÇÃO DE CULTIVARES DE *COFFEA ARABICA*
L. (RUBIACEAE).”**

**“INSIDE COFFEE TREES – WOOD ANATOMY AS A TOOL TO DISTINCT
COFFEA ARABICA L. (RUBIACEAE) CULTIVARS.”**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 26 de Agosto de 2022.

Dra. Alessandra de Oliveira Ribeiro UNILAVRAS

Dr. Fábio Akira Mori UFLA

Ma. Elesandra da Silva Araujo UFLA

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

Ma. Jéfyne Campos Cárreira
Coorientadora

LAVRAS – MG

2022

Primeiramente à minha mãe, mulher guerreira e de doçura inigualável. E também a mim, por nunca ter desistido e em meio a tantas lutas ainda me permitir florescer.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me dado força, saúde e determinação me mantendo persistente durante a realização deste trabalho;

Agradeço aos meus pais, Vanda e José Dehon, por terem me concedido à vida, por nunca terem duvidado dos meus sonhos e por todo amor e ensinamentos que me trouxeram até aqui;

Agradeço a todos meus familiares, em especial, minha tia e madrinha Maria José, por todo carinho, apoio e incentivo;

Agradeço a todas minhas amigas, em especial Carolina, Luana, Samira, Kathrein, Raissa e Larissa pelo companheirismo e lealdade, por me apoiarem e me levantarem nos momentos em que meus pés já não suportavam a árdua caminhada;

Agradeço a Geovana, me ensinar o sentido da vida, por me amar, por estar sempre comigo e ser meu exemplo de amor;

Agradeço, em especial a minha coorientadora, Jéfyne, mas também ao meu orientador Fábio e a todos os colaboradores e parceiros que fizeram possível a realização desta pesquisa;

Agradeço à professora e amiga, Mariana, por todos os conselhos, apoio e ser meu exemplo de persistência na vida acadêmica;

Agradeço a todos os meus professores, do primário até a graduação, por todos os ensinamentos e incentivos;

Agradeço ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT do Café) por disponibilizar os materiais para coleta, sendo possível a realização desta pesquisa;

Agradeço ao Laboratório de Anatomia da Madeira e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica aplicada que foram essenciais para a condução desta pesquisa;

Agradeço a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio técnico e financeiro.

Minha mais sincera gratidão a todos.

POR DENTRO DOS CAFEEIROS - A ANATOMIA DA MADEIRA COMO FERRAMENTA PARA DISTINÇÃO DE CULTIVARES DE *COFFEA ARABICA* L. (RUBIACEAE).

Resumo – O objetivo deste estudo foi descrever e comparar a anatomia do lenho de cultivares de *Coffea arabica* L., Big Coffee VL e Topázio MG1190 a fim de fornecer novos dados bem como verificar possíveis diferenças anatômicas entre as amostras analisadas para fins de diferenciação e enquadramento na Lei de Proteção de Cultivares. As amostras foram submetidas às técnicas usuais em anatomia da madeira estabelecidas por IAWA (1989) para caracterização e comparação. Os dados qualitativos não puderam diferenciar as cultivares, no entanto, grande parte dos dados quantitativos dos vasos, raios e fibras demonstraram diferenças significativas entre elas, sendo possível separá-las em dois grupos, um para cada cultivar, atendendo ao critério de distinguibilidade da Lei de Proteção de Cultivares brasileira, evidenciando a anatomia da madeira como uma importante ferramenta para diferenciação de cultivares de cafeeiros.

Palavras-chave: Café, seleção, anatomia do lenho, diferenciação de cultivares, microscopia eletrônica de varredura.

INSIDE COFFEE TREES – WOOD ANATOMY AS A TOOL TO DISTINCT *COFFEA ARABICA* L. (RUBIACEAE) CULTIVARS.

Abstract – The goal of this study was to describe and compare the wood anatomy of cultivars of *Coffea arabica* L., Big Coffee VL and Topázio MG1190, in order to provide new data as well as to verify possible anatomical differences between the analyzed samples for purposes of differentiation and framing in the Cultivar Protection Law. The samples undergone the usual techniques for wood anatomy established by IAWA (1989) for characterization and comparison. The qualitative data could not differentiate the cultivars, however, most of the quantitative data of the vessels, rays and fibers showed significant differences between them, being possible to separate them into two groups, one for each cultivar, meeting the distinguishability criterion of the Brazilian Cultivars Protection Law, therefore highlighting wood anatomy as an important tool for differentiating coffee cultivars.

Keywords: Coffee, selection, wood anatomy, cultivar differentiation, scanning electron microscopy.

Inês Maria Maculan de Oliveira⁽¹⁾, Jéfyne Campos Carrera⁽¹⁾, Carolina Alves Ribeiro⁽¹⁾, Ray Souza Rodrigues⁽¹⁾, Luana de Jesus Sartori⁽¹⁾ e Fábio Akira Mori⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 372000-900, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

inesmmaculan@gmail.com  (<http://lattes.cnpq.br/9311629726869928>); jefynecarrera@gmail.com 
(<http://lattes.cnpq.br/6397828163531927>); caroll.alvess22@gmail.com  (<http://lattes.cnpq.br/1119997025150930>);
rayrodriguessouza@hotmail.com  (<http://lattes.cnpq.br/4722917732089308>); luanasartori82@gmail.com 
(<http://lattes.cnpq.br/9950675613508190>); morif@ufla.br  (<http://lattes.cnpq.br/3628820404874943>)

INTRODUÇÃO

A família Rubiaceae Juss. é a quarta maior família entre as angiospermas brasileiras (ROBBRECHT, 2018), abrangendo cerca de 129 gêneros e 1.415 espécies (FLORA DO BRASIL, 2020). Entre os gêneros de maior destaque está *Coffea*, o qual possui diferentes espécies conhecidas como o café. O cafeeiro possui alto valor comercial, sendo a espécie *Coffea arabica* L. a mais cultivada no país em razão da grande variedade de cultivares (CONAB, 2021).

Big Coffee VL é uma entre essas cultivares, que possui tamanho superior tanto de seus grãos quanto de suas folhas quando comparados à outras cultivares, como a cultivar Topázio MG-1190, de modo que ela

vem sendo apontada como uma variedade em potencial para a produção comercial. Como forma de explorar a potencialidade deste cafeeiro, Silva (2016) realizou um experimento de melhoramento genético com progênies de Big Coffee VL, no qual foram avaliados diferentes caracteres agrônômicos, incluindo altura e vigor da planta, número de pares de ramos plagiotrópicos e produtividade dos grãos, critérios que foram utilizados como forma de identificar possíveis diferenças e potencialidades presentes nesse genótipo. Além disso, Silva (2016) também propôs uma classificação denominada “Pequeno”, “Médio” e “Grande”, em relação à altura, tamanho das folhas e dos frutos, quando comparadas aos cafeeiros convencionais.

A cultivar Big Coffee VL, originada da cultivar Mundo Novo, possivelmente devido às mutações, dispõe de estudos mais recentes, sendo implementada para programas de seleções a partir de 2011 (SILVA, 2016). A cultivar Topázio, por outro lado, teve origem a partir de cruzamentos sucessivos entre as cultivares Catuaí Amarelo e Mundo Novo (EPAMIG, 2021). Posteriormente, foi introduzida em Minas Gerais em programas de seleção, resultando na cultivar Topázio MG-1190, aprovada para plantio comercial (Carvalho et al., 2008).

Uma característica genética que difere as cultivares de *Coffea arabica* L. de outros cafeeiros é a poliploidia ($4x=44$ cromossomos) descrita por Clarindo & Carvalho (2009), a qual está associada às mudanças no tamanho de células e tecidos de organismos vivos (FOX et al., 2020). A poliploidia pode ser utilizada como objeto de estudo na caracterização anatômica da madeira, como exposto por Zhang et al. (2017) e Da Silva Souza et al. (2021) em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em que há o aumento no diâmetro dos vasos e fibras com maior comprimento, densidade e espessura demonstrando a influência da poliploidia na anatomia do lenho.

A anatomia da madeira é fundamental para a caracterização da estrutura e o arranjo de células associadas à funcionalidade do xilema secundário (CHEN et al., 2020), o qual é utilizado tanto para a identificação de espécies na sistemática e na taxonomia quanto para compreender o comportamento da madeira em relação ao seu crescimento e desenvolvimento interno (BURGER & RICHTER, 1991), e também para apontar possíveis usos biotecnológicos como na produção de móveis e biopolímeros (PEREIRA, 2008; DIETZSCH et al., 2019; DE SOUZA et al., 2021).

Além disso, a anatomia do lenho deve ser considerada como um dos critérios de seleção para novas cultivares, visto que já foi exposto por Severino et al. (2002) e Dias et al. (2005) a importância de aplicar outros parâmetros de seleção no melhoramento genético de cultivares. Ainda, o estudo acerca da anatomia do xilema secundário pode ser utilizado para a determinação de prováveis caracteres morfoanatômicos únicos a cultivar, o que possibilita a sua inclusão em um banco de proteção pelo critério de distintividade, o qual implica no discernimento da variedade em comparação a outras cultivares existentes (VIEIRA FILHO, 2013).

Contudo, pesquisas científicas sobre Big Coffee VL ainda são recentes, de modo que há pouco conhecimento acerca do lenho desta cultivar. Junto a isso, estudos a respeito dos caracteres anatômicos do xilema secundário do café são escassos, sendo o trabalho de Dedecca (1957) pioneiro e Pereira et al. (2014) um dos poucos referenciais sobre a anatomia de cafeeiros, expondo assim a necessidade do estudo atual.

Portanto, este trabalho teve como objetivo caracterizar a anatomia do xilema secundário entre as cultivares Big Coffee VL e Topázio MG-1190, a fim de fornecer novos dados sobre a anatomia do caule do cafeeiro e verificar possíveis diferenças que possam contribuir como critérios para diferenciação e proteção de cultivares.

METODOLOGIA

Coleta de amostras

A cultivar Big Coffee VL, oriunda de Piumhi, foi cultivada no setor de Cafeicultura na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Minas Gerais, localizada a 910 m de altitude, de latitude 21°14'06" (S) e longitude de 45°00'00" (W), com precipitação média de 1486 mm e temperatura média de 19,9°C no ano de 2012. A cultivar passou por poda de recepa baixa (a 10cm do solo), além de ser submetida a adubação padrão segundo Guimarães et al. (1999), sendo posteriormente coletada em 2020.

Para a condução do estudo, foram selecionadas as progênies P25, M5 e G13 da cultivar Big Coffee (Figura 1A), a partir da seleção dos resultados obtidos por Silva (2016), considerando os caracteres agrônômicos altura e vigor vegetativo da planta, número de pares de ramos plagiotrópicos e produtividade de grãos, sendo este último o principal critério utilizado para seleção do material para a coleta, uma vez que é um fator relevante para o processo de melhoramento do café (CILAS et al., 2011; ANDRADE et al., 2016; LIMA et al., 2016). Além disso, foram coletadas, no ano de 2018, amostras da cultivar Topázio MG 1190 igualmente no setor de Cafeicultura na Universidade Federal de Lavras (UFLA), advindas de um experimento, no qual os cafeeiros passaram por poda de recepa baixa em 2015 e tratamento com adubação NPK 100% (GUIMARÃES et al., 1999) (Figura 1B). Ambas amostras foram levadas ao Laboratório de Anatomia da Universidade Federal de Lavras onde foi conduzido todo o estudo.

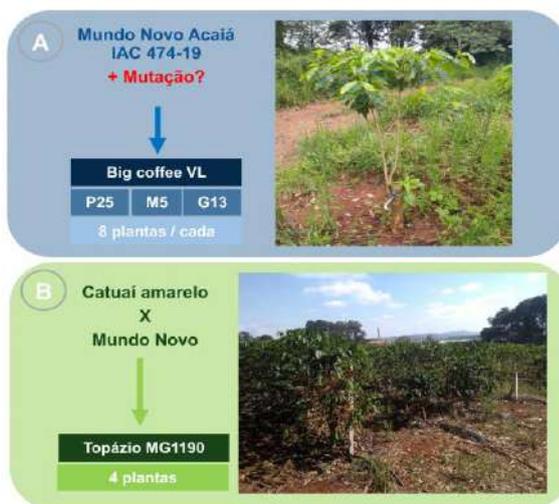


Figura 1. Coleta das amostras do lenho de *Coffea arabica* L. cultivar Topázio MG1190 e Big Coffee VL para caracterização anatômica, em que: **A.** Planta de Big Coffee VL, progênies escolhidas e número de repetições. **B.** Planta de Topázio MG1190 e número de repetições.

Caracterização anatômica

Para a condução do estudo anatômico do caule do cafeeiro foram retirados corpos de prova (1,0 x 1,0 x 1,0 cm) dimensionados na região intermediária do lenho do ramo ortotrópico. Depois de coletadas, as amostras foram fixadas com FAA 70% por 48 horas, sendo posteriormente mantidas em álcool com concentração 70% (Johansen, 1940) em potes plásticos de 500ml.

Para a análise macroscópica foram utilizados discos de 5cm do material amostrado que foram submetidos a polimento gradativo com lixas de gramatura de 60, 80, 120, 220 e 400, respectivamente, para melhor análise de suas características. As amostras foram submetidas à secagem em temperatura ambiente, para posterior descrição. Todas as amostras coletadas foram descritas com uma lupa de aumento de 10x com uma câmera acoplada.

A realização dos cortes histológicos foi feita por meio de um micrótomo de deslize na espessura de 10 µm a 12 µm com finalidade de gerar cortes nos planos anatômicos transversal, longitudinais radial e tangencial. Os cortes obtidos foram utilizados para a confecção de lâminas, sendo primeiramente submetidos à coloração com safranina 1% e à série alcoólica crescente (20%, 50%, 70%, 80%, 100%), onde permaneceram pelo período de 3 minutos cada. Depois foram colocados em série aceto-butílica crescente nas proporções 3:1, 1:1, 1:3 v.v, finalizando em acetato PA. Por fim, foram preparadas lâminas semipermanentes com resina sintética, um método que foi adaptado do proposto por Sieglösch e Marchiori (2015) e permanentes com Entellan®.

Macerado

Para o preparo do macerado foram retirados fragmentos longitudinais do caule, utilizando o método proposto por Franklin (1945) para a dissociação. Isto é, as amostras foram imersas em uma solução de ácido

acético e peróxido de hidrogênio com proporção de 1:1 v.v pelo período de 24 horas em estufa à temperatura de 60°C. Após esse período, o material dissociado foi lavado com água deionizada e corado com Safranina 1% e mantidos em recipientes de vidro. Em seguida, foram montadas lâminas semipermanentes com glicerina P.A. Do material dissociado foram analisados os seguintes elementos celulares: fibras e elementos de vaso.

Análise no microscópio eletrônico de varredura

Cortes histológicos de 10 a 12 µm na secção radial foram aderidos aos suportes (*stubs*), com auxílio de fita dupla face de carbono, metalizados em ouro em 41 mA, durante 220 segundos, sendo posteriormente, observadas e documentadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) Leo modelo Evo 40 em aceleração de voltagem de 20 kV.

Análise de dados

Para a análise qualitativa e caracterização, as lâminas semipermanentes foram fotografadas no microscópio de luz (Olympus BX41) com uma câmera (Pixel link, PL A662) acoplada. As imagens foram obtidas no programa AxioVision, e processadas no ImageJ (versão 1.45) para obter as características anatômicas definidas por IAWA (1989). As imagens obtidas via microscópio eletrônico de varredura (MEV) também foram processadas no ImageJ (versão 1.45) para melhor descrição do tipo e dimensões das pontoações.

Foram realizadas, no mínimo, 30 medições para cada característica dos elementos celulares observados, utilizando entre 10 e 30 campos de observações. Valores médios, de desvio padrão dos elementos celulares e também a proporção dos caracteres anatômicos raios e vasos, os quais foram divididos em classes conforme disposto na referida norma, sendo que para o carácter largura de raios foi estabelecido um valor entre um limite máximo e mínimo, pois não havia valores pré-estabelecidos pelo IAWA (1989). foram calculados e um teste de comparação de médias (Scott-Knott) a 95% de probabilidade, bem como uma análise de agrupamento (dendrograma) foram conduzidos por meio do software R (4.2.0) (R CORE TEAM, 2022), usando os pacotes ExpDes.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021), gplots (WARNES et al., 2020), dendextend (GALILI, 2015), colorspace (ZEILEIS, 2020) e ggplot2 (WICKHAM, 2016).

RESULTADOS

As madeiras de *Coffea arabica* L. das progênies de Big Coffee e da cultivar Topázio MG 1190 apresentam anéis de crescimento distintos por uma camada de parênquima marginal, uma mudança gradual no tamanho dos poros (anel semi-poroso) (Fig. 2A e 2B) ou por uma zona fibrosa (Fig. 2A e 2C).

Os poros são predominantemente solitários, de formato arredondado, e em arranjo radial (Figura 3A e Figura 3D). Enquanto que o parênquima axial é do tipo apotraqueal (difuso ou difuso em agregado), embora algumas vezes o parênquima paratraqueal do tipo escasso possa também ser visualizado (Figura 3D). Em média de 5 a 8 células de parênquima são vistas nos feixes parenquimáticos.

Os elementos de vasos possuem apêndices terminais presentes em ambas extremidades (Figura 3I) e placa de perfuração simples (Figura 3J), pontoações intervasculares opostas sem ornamentações aparentes; e radiovasculares com aréolas muito reduzidas ou simples (Figura 3K). Não foram observadas pontoações guarnecidas. Também não foi observado espessamento helicoidal e as tiloses são comuns (Figura 3G).

Tanto os poros quanto os raios são visíveis apenas sob lente de 10x (Figura 3A). Os raios não são estratificados (Figura 3B), sendo pouco contrastados no plano longitudinal radial (Figura 3C).

Os raios possuem em média 1 a 3 células (multisseriados) de largura (Figura 3E), são heterogêneos compostos por células procumbentes, eretas e quadradas, porém o número de camadas de cada tipo celular não é uma característica constante, sendo bastante variável quanto a ordem de cada camada de células (Figura 3F). No interior dos raios são armazenados cristais (Figura 3H).

As fibras possuem parede com variação de fina a espessa, pontoações simples (Figura 3L) comuns às paredes radiais e tangenciais, sendo classificadas como libriformes. Além disso, como observado no arquivo suplementar 1, as fibras são descritas como curtas por Coradin e Muniz (1992) e tanto os vasos como os raios são caracterizados como pequenos e numerosos.

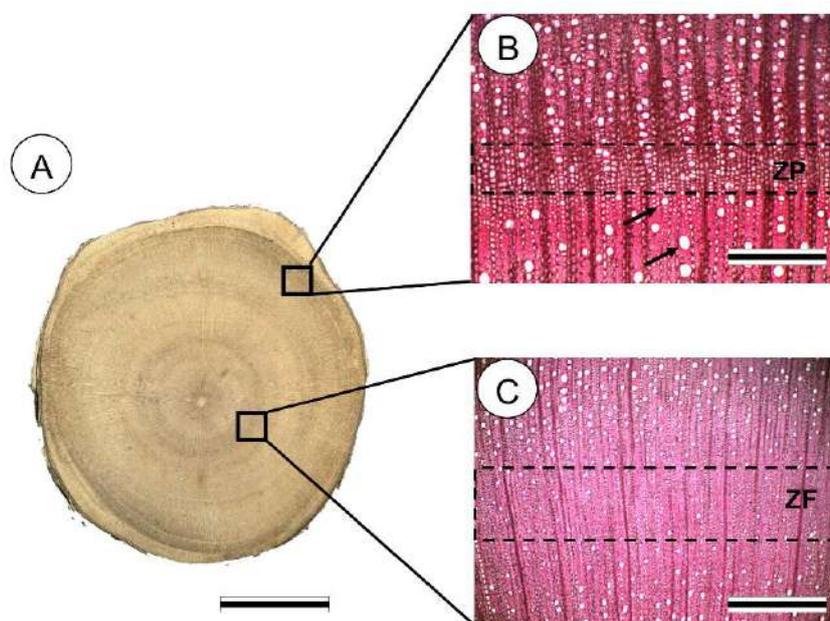


Figura 2. Caracterização anatômica do lenho de *Coffea arabica* L. cultivar Topázio MG1190 e Big Coffee VL. **A:** lupa estereoscópica, **B-C:** microscópio de luz; em que: **A.** Imagem macroscópica do lenho (escala: 1cm). **B.** Secção transversal (10x) com poros indicados pela seta e zona parenquimática (ZP) (escala: 400 μ m). **C.** Secção transversal (4x) evidenciando zona fibrosa (ZF) (escala: 1mm).

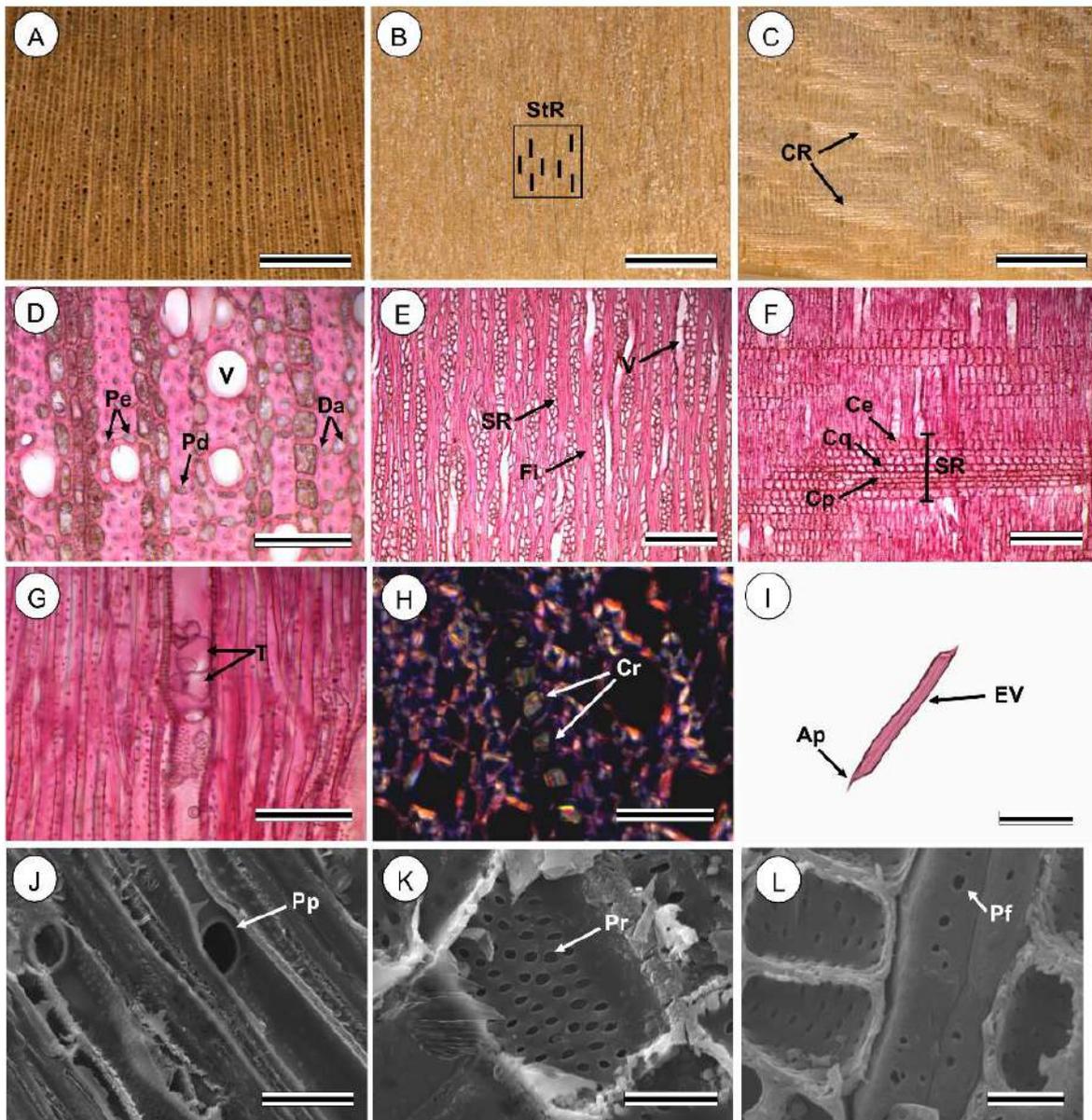


Figura 3. Caracterização anatômica do lenho de *Coffea arabica* L. cultivar Topázio MG1190 e Big Coffee VL. **A-C:** imagens obtidas em lupa estereoscópica; **D-G e I:** Imagens obtidas em microscópio de luz; **H:** imagem obtida em microscópio de campo escuro e **J-L:** Imagens obtidas em microscópio eletrônico de varredura (MEV); nos quais: **A.** Plano transversal macroscópico (escala: 1mm). **B.** Plano longitudinal tangencial macroscópico com raios não estratificados (StR) (escala: 1mm). **C.** Plano longitudinal radial macroscópico evidenciando raios de baixo contraste (CR) (escala: 1mm). **D.** Secção transversal (40x) apresentando parênquima axial paratraqueal escasso (Pe), parênquima axial apotraqueal difuso (Pd) e difuso em agregado (Da) (escala: 100µm). **E.** Secção longitudinal tangencial (10x) com raios multisseriados (SR), fibras (Fi) e vasos (V) (escala: 300µm). **F.** Secção longitudinal radial (10x) evidenciando séries radiais (SR) compostas por células eretas (Ce), procumbentes (Cp) e quadradas (Cq) (escala: 300µm). **G.** Secção longitudinal radial (40x) apresentando tiloses (T) (escala: 100µm). **H.** Cristais no interior do raio (escala: 200µm). **I.** Elemento de vaso (EV) isolado com apêndices terminais (Ap) (escala: 200µm). **J.** Placa de perfuração simples (Pp) do elemento de vaso (escala: 60µm). **K.** Pontoações radiovasculares (Pr) nas paredes das células do parênquima radial (escala: 20µm). **L.** Pontoações de fibras (Pf) (escala: 20µm).

Os valores médios e de desvio padrão para todos os caracteres anatômicos, conforme o IAWA (1989), são disponibilizados no arquivo suplementar 1. Os valores médios encontrados para os caracteres anatômicos das fibras (Tabela 2) demonstraram diferença significativa entre as cultivares, indicando a separação de todos os caracteres anatômicos de fibras da cultivar Topázio MG1190 em relação às progênes

de Big Coffee VL. Também foi possível observar que nas características comprimento e espessura da parede das fibras houve diferença significativa dentro das progênes, sendo que P25 se difere significativamente de M5 e G13 na espessura da parede; e quanto ao comprimento de fibras todas as progênes diferem entre si.

Característica	Cultivar			
	P25	M5	G13	Topázio MG1190
Fibras (μm)				
Comprimento	1245,17 \pm 187,9 ^{*b}	1181,88 \pm 198,47 ^c	1140,70 \pm 151,03 ^d	1398,45 \pm 174,25 ^a
Largura total	27,24 \pm 4,33 ^a	26,91 \pm 3,53 ^a	27,15 \pm 3,54 ^a	24,07 \pm 3,94 ^b
Largura do lúmen	10,63 \pm 3,48 ^a	9,65 \pm 2,74 ^a	10,19 \pm 2,77 ^a	10,06 \pm 2,50 ^b
Espessura da parede	8,31 \pm 1,24 ^b	8,63 \pm 1,07 ^a	8,48 \pm 1,08 ^a	6,96 \pm 1,35 ^c

Tabela 2 - Valores médios de comprimento, espessura da parede e largura total e do lúmen das fibras do lenho das progênes P25, M5 e G13 da cultivar Big Coffee VL e da cultivar Topázio MG 1190. (*) Média seguida de desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Scott-Knott a 95% de probabilidade.

Conforme demonstrado anteriormente em resultados, as madeiras destes cafeeiros detêm anéis semi-porosos, que compreendem poros maiores no lenho inicial e poros menores no lenho tardio, como demonstrado na Figura 2, além de raios de tamanhos distintos. Dessa forma, foram calculadas as proporções de cada classe estabelecida dos vasos (Figura 4) e dos raios (Figura 5).

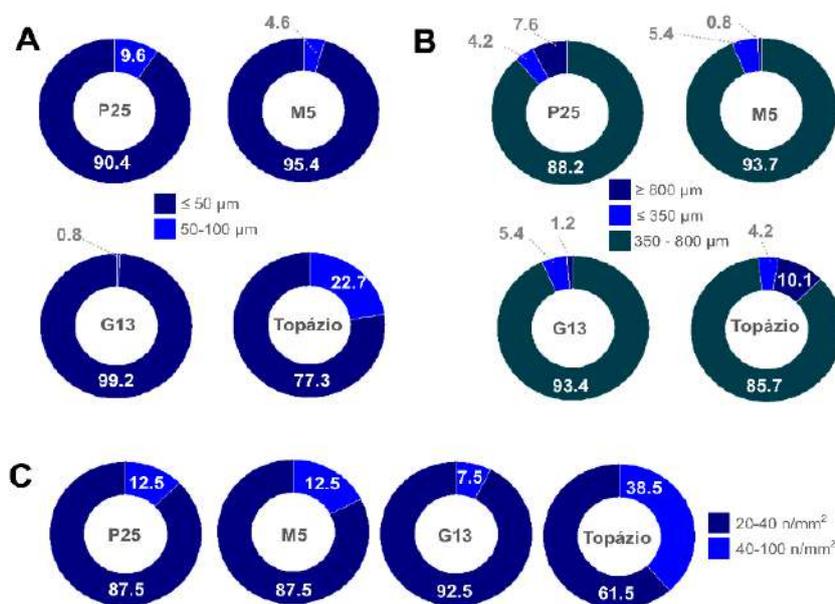


Figura 4. Gráfico de proporções entre as classes de características dos vasos, em que: **A:** Diâmetro de vasos; **B:** Comprimento de vasos e **C:** Frequência de vasos.

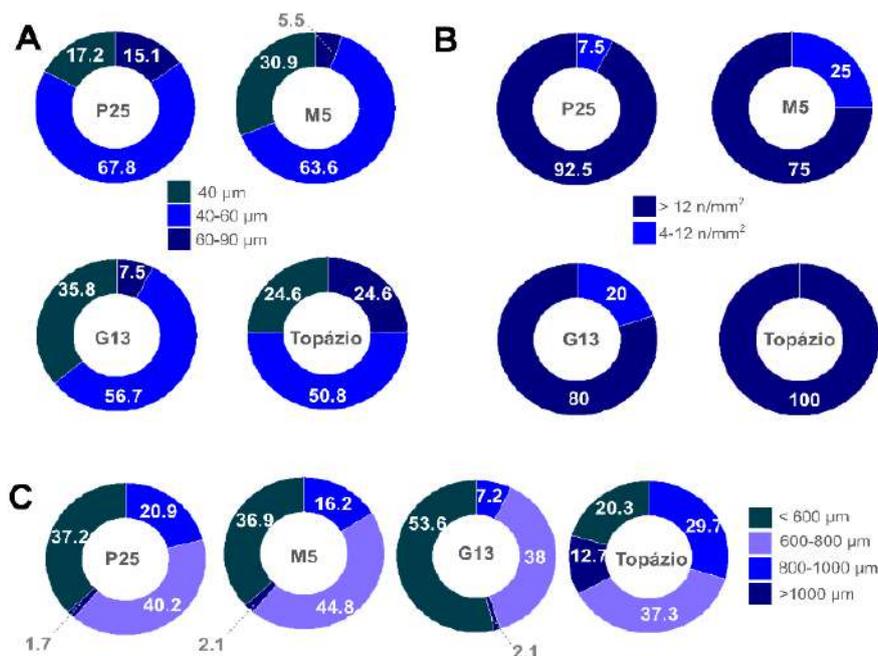


Figura 5. Gráfico de proporções entre as classes de características dos raios, em que: **A:** Largura de raios; **B:** Frequência de raios e **C:** Comprimento de raios.

Além disso, os dados das classes para as características de vasos e raios foram submetidos à análise estatística, cujo teste apontou quais classes demonstraram diferença significativa (Figura 6). Do total das 16 classes entre raios e vasos, apenas 7 delas diferiram entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, sendo possível observar 6 tendências, as quais: Na primeira, o **DV** da cultivar Topázio MG1190 apresentou os maiores valores, diferindo das progênies. Na segunda tendência, o **CVI** M5 e G13 apresentaram diferença significativa das demais progênies e Topázio MG1190; em **CVM** a progênie M5 apresentou diferença significativa das demais progênies e de Topázio MG1190 e **FVM** M5 e Topázio MG1190 não diferenciam entre si, porém apresentaram diferenças quando comparadas à P25 e G13. Por outro lado, na quinta tendência, a **LRI** a progênie P25 em conjunto com a cultivar Topázio MG1190 não diferenciam, mas apresentam diferença significativa das demais. Por último, a sexta tendência demonstrou que **CRM** e **FRM** apresentaram diferença significativa entre os valores da cultivar Topázio MG1190 e as progênies de Big Coffee VL, enquanto que os outros quatro aspectos apresentaram diferença significativa apenas entre um carácter anatômico.

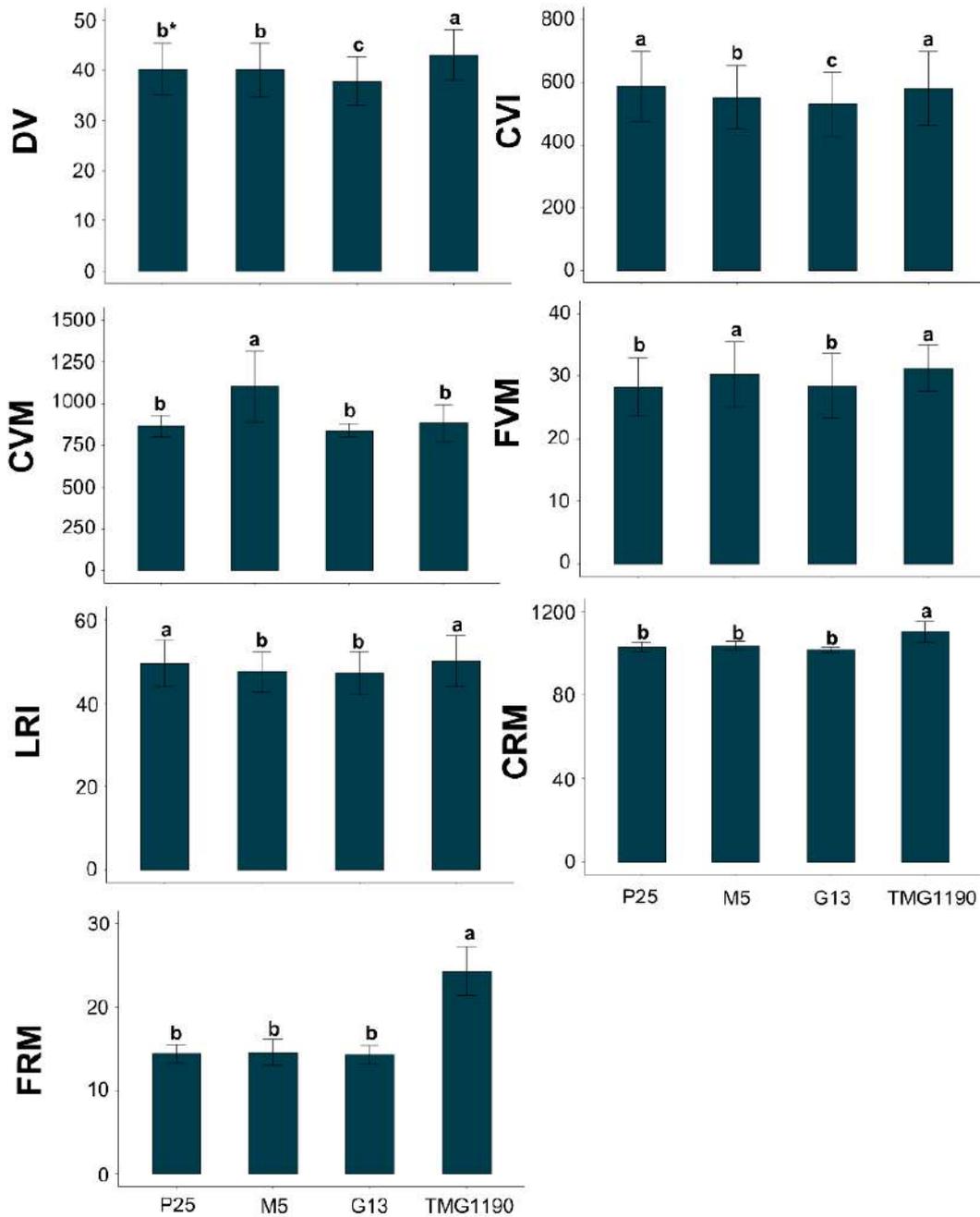


Figura 6. Gráfico das características anômicas divididas por classes que apresentaram diferenças significativas (5%), em que: **DV**: diâmetro de vaso ($\leq 50 \mu\text{m}$); **CVI**: comprimento de vaso intermediário (350-800 μm); **CVM**: comprimento de vaso maiores ($\geq 800 \mu\text{m}$); **FVM**: frequência de vasos menor (20-40 mm^2); **LRI**: largura de raios intermediária (40-60 μm); **CRM**: comprimento de raios maior ($>1000 \mu\text{m}$); **FRM**: frequência de raios maior ($>12 \text{mm}^2$). (*) Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Skott- Knott ($p > 0,05$).

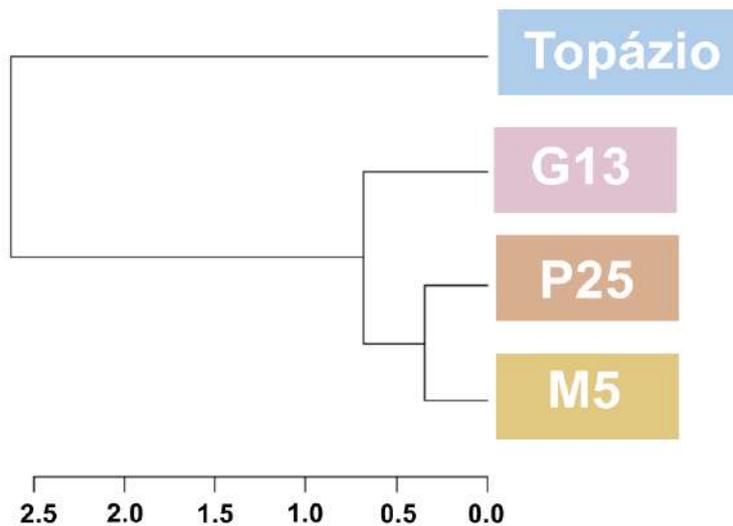


Figura 7. Dendrograma de similaridade (escala euclidiana) das cultivares de *Coffea arabica* L. Topázio MG 1190 e progênes P25, M5 e G13 da cultivar Big Coffee VL.

Levando em consideração os valores de todas as características do lenho das cultivares Topázio MG1190 e das progênes Big Coffee VL, sem considerar a separação das classes, foi feita uma análise de agrupamento. O dendrograma gerado (Figura 7) demonstrou que as características anatômicas dos vasos, fibras e raios das progênes P25 e M5 são mais similares entre si, agrupando-as, enquanto que essas mesmas características são mais distintas na progênie G13 que ainda se encontra no mesmo grupo da cultivar Big Coffee VL, mas com menor similaridade em relação às outras progênes.

Com base nos dados analisados, pode se inferir que as progênes de Big Coffee VL detêm características anatômicas de vasos, fibras, raios e pontuações diferentes da cultivar Topázio MG1190. Sendo assim, foram formados dois grandes grupos em que um a cultivar Topázio MG1190 se individualizou, pois se distinguiu das progênes da cultivar Big Coffee VL e o segundo que abrange as três progênes como similares, considerando os valores das características anatômicas do lenho destes cafeeiros.

DISCUSSÃO

A anatomia do lenho é amplamente utilizada para a identificação de espécies (VIEIRA et al., 2019; SISTON et al., 2020; SILVA et al., 2021), principalmente em situações de escassez de material vegetativo, sendo uma grande aliada para a taxonomia e fiscalização comercial de madeiras (BESSA, 2009), isto se deve tanto à heterogeneidade da madeira que permite às plantas com crescimento secundário portarem propriedades e características próprias (BRAZ et al., 2015) quanto ao número reduzido de caracteres (MARCHIORI, 1990). Sendo assim, a anatomia do lenho é um instrumento eficaz no que diz respeito à diferenciação de cultivares.

Tabela 3 - Quadro comparativo entre as cultivares: Typica Cramer (Dedecca, 1957) Mundo Novo (Pereira et.al.,2014) e progênies P25, M5 e G13 de Big Coffee VL e Topázio MG 1190.

Cultivar		Características		Referências	
Topázio MG1190	Elemento de vaso e Poros	Apêndices	Terminais presentes em ambas as extremidades	Relatado neste trabalho	
		Placa de perfuração	Simples		
		Pontoações	Intervasculares opostas sem ornamentações aparentes; Radiovasculares com aréolas muito reduzidas ou simples		
		Porosidade	Difusa dentro de cada camada de crescimento e em anel semiporoso na finalização da camada		
		Agrupamento	Predominantemente solitários		
		Formato	Arredondado		
		Arranjo	Radial		
		Parênquima Axial	Paratraqueal escasso e apotraqueal (difuso ou difuso em agregado)		
		Feixes Parenquimáticos	Em média 5 a 8 células		
		Comprimento	611,85 µm		
		Diâmetro	45,52 µm		
		Frequência de vaso	36,72 mm ²		
		Tilos	Sim		
		Raios	Tipos celulares		Heterogêneo, composto por células procumbentes, eretas e quadradas, não estratificados.
	Quantidade de células		Multisseriados, com 1 a 3 células de largura		
	Células envolventes		NA*		
	Células radiais perfuradas		NA		
	Armazenamento		Cristais, amido e lipídios		
	Comprimento		771,04 µm		
	Largura		50,79 µm		
	Frequência		24,10 mm ²		
	Fibras	Tipo	Libriformes		
		Septadas	Não		
		Pontoações	Simples comuns às paredes radiais e tangenciais		
		Paredes	Fina a espessa		
		Comprimento	Curtas; 1.416,81 µm		
		Largura total	24,10 µm		
		Largura do lúmen	10,17 µm		
Espessura da parede		6,94 µm			
Big Coffee VL	P25	Elemento de vaso e Poros	Apêndices	Não difere de Topázio MG1190	Relatado neste trabalho
			Placa de perfuração	Não difere de Topázio MG1190	
			Pontoações	Não difere de Topázio MG1190	

		Porosidade	Não difere de Topázio MG1190	Relatado neste trabalho
		Agrupamento	Não difere de Topázio MG1190	
		Formato	Não difere de Topázio MG1190	
		Arranjo	Não difere de Topázio MG1190	
		Parênquima	Não difere de Topázio MG1190	
		Feixes Parenquimáticos	Não difere de Topázio MG1190	
		Comprimento	639,80 μm	
		Diâmetro	41,57 μm	
		Frequência de vaso	30,48 mm^2	
		Tilos	Não difere de Topázio MG1190	
	Raios	Tipos celulares	Não difere de Topázio MG1190	
		Quantidade de células	Não difere de Topázio MG1190	
		Células envolventes	NA	
		Células radiais perfuradas	NA	
		Armazenamento	Não difere de Topázio MG1190	
		Comprimento	789,91 μm	
		Largura	49,55 μm	
		Frequência	14,25 mm^2	
	Fibras	Tipo	Não difere de Topázio MG1190	
		Septadas	Não difere de Topázio MG1190	
		Pontoações	Não difere de Topázio MG1190	
		Paredes	Não difere de Topázio MG1190	
		Comprimento	Curtas; 1.245,17 μm	
		Largura total	27,24 μm	
		Largura do lúmen	10,63 μm	
		Espessura da parede	8,31 μm	
	M5	Elemento de vaso e Poros	Apêndices	
Placa de perfuração			Não difere de Topázio MG1190	
Pontoações			Não difere de Topázio MG1190	
Porosidade			Não difere de Topázio MG1190	
Agrupamento			Não difere de Topázio MG1190	
Formato			Não difere de Topázio MG1190	
Arranjo			Não difere de Topázio MG1190	
Parênquima			Não difere de Topázio MG1190	
Feixes Parenquimáticos			Não difere de Topázio MG1190	
Comprimento			633,74 μm	
Diâmetro			40,72 μm	

		Frequência de vaso	32,58 mm ²		
			Tilos		Não difere de Topázio MG1190
		Raios	Tipos celulares		Não difere de Topázio MG1190
			Quantidade de células		Não difere de Topázio MG1190
			Células envoltantes		NA
			Células radiais perfuradas		NA
			Armazenamento		Não difere de Topázio MG1190
			Comprimento		701,67 µm
			Largura		44,47 µm
			Frequência		13,86 mm ²
	Fibras	Tipo	Não difere de Topázio MG1190		
		Septadas	Não difere de Topázio MG1190		
		Pontoações	Não difere de Topázio MG1190		
		Paredes	Não difere de Topázio MG1190		
		Comprimento	Curtas; 1.181,88 µm		
		Largura total	26,91 µm		
		Largura do lúmen	9,65 µm		
		Espessura da parede	8,63 µm		
	G13	Elemento de vaso e Poros	Apêndices		Não difere de Topázio MG1190
			Placa de perfuração		Não difere de Topázio MG1190
Pontoações			Não difere de Topázio MG1190		
Porosidade			Não difere de Topázio MG1190		
Agrupamento			Não difere de Topázio MG1190		
Formato			Não difere de Topázio MG1190		
Arranjo			Não difere de Topázio MG1190		
Parênquima			Não difere de Topázio MG1190		
Feixes Parenquimáticos			Não difere de Topázio MG1190		
Comprimento			581,00 µm		
Diâmetro			37,96 µm		
Frequência de vaso			29,31 mm ²		
Raios		Tilos	Não difere de Topázio MG1190		
		Tipos celulares	Não difere de Topázio MG1190		
		Quantidade de células	Não difere de Topázio MG1190		
		Células envoltantes	NA		
		Células radiais perfuradas	NA		
		Comprimento	635,68 µm		

Relatado neste trabalho

		Fibras	Largura	43,69 μm	
			Frequência	13,75 mm^2	
			Tipo	Não difere de Topázio MG1190	
			Septadas	Não difere de Topázio MG1190	
			Pontoações	Não difere de Topázio MG1190	
			Paredes	Não difere de Topázio MG1190	
			Comprimento	Curtas; 1.140,70 μm	
			Largura total	27,15 μm	
			Largura do lúmen	10,19 μm	
			Espessura da parede	8,48 μm	
Mundo Novo	Elemento de vaso e Poros	Apêndices	Não difere de Topázio MG1190, variam de curtos a longos em comprimento.	Pereira et al., 2014.	
		Placa de perfuração	Não difere de Topázio MG1190		
		Pontoações	Intervasculares alternas; guarnecidas; raio-vasculares com aréolas distintas		
		Porosidade	Semi-poroso		
		Agrupamento	Não difere de Topázio MG1190		
		Formato	Não difere de Topázio MG1190		
		Arranjo	Não difere de Topázio MG1190		
		Parênquima	NA		
		Feixes Parenquimáticos	NA		
		Comprimento	32-60-88 μm		
		Diâmetro	22-44-67 μm		
		Frequência de vaso	Numerosos, em média 50 poros/ mm^2		
		Tilos	Não		
	Raios	Tipos celulares	Não difere de Topázio MG1190		
		Quantidade de células	Unisseriados e multisseriados (2-3)		
		Células envolventes	Presentes, de tamanhos distintos		
		Células radiais perfuradas	Presentes		
		Armazenamento	NA		
		Altura	7-24-50 células		
		Comprimento	440-1080-1960 μm		
		Largura	2-3-5 células e 51-21-93 μm		
	Fibras	Tipo	Não difere de Topázio MG1190		
		Septadas	Não difere de Topázio MG1190		
Pontoações		Areoladas distintas			
Paredes		Delgadas a espessas			
Comprimento		Curtas a longas; 900-1363-1835 μm			

Typica Cramer		Largura total	NA	Dedecca, 1957
		Largura do lúmen	6-11-17 µm	
		Espessura da parede	7-12 µm	
	Elemento de vaso e Poros	Apêndices	NA	
		Placa de perfuração	Não difere de Topázio MG1190	
		Pontoações	Alternadas	
		Porosidade	NA	
		Agrupamento	NA	
		Formato	NA	
		Arranjo	NA	
		Parênquima	NA	
		Feixes Parenquimáticos	NA	
		Comprimento	Pequenos; 700-900 µm	
		Diâmetro	35-40 µm	
		Frequência de vaso	NA	
		Tilos	NA	
		Raios	Tipos celulares	
	Quantidade de células		NA	
	Células envolventes		NA	
	Células radiais perfuradas		NA	
Armazenamento	NA			
Altura	NA			
Comprimento	NA			
Largura	NA			
Frequência	NA			
Fibras	Tipo	Lenhosas		
	Septadas	Sim		
	Pontoações	NA		
	Paredes	NA		
	Comprimento	NA		
	Largura total	NA		
	Largura do lúmen	NA		
	Espessura da parede	NA		

(*) NA: caracteres anatômicos não analisados.

Com base nos resultados obtidos, as características anatômicas: poros, raios e fibras observadas do lenho das cultivares de *Coffea arabica* L., Topázio MG1190 e Big Coffee VL (todas as progênies) não puderam ser diferenciadas, corroborando com os caracteres anatômicos já presentes na literatura (Pereira et al., 2014). Todavia, o presente estudo fornece novos dados sobre a anatomia de cultivares de cafeeiros quando comparados a trabalhos anteriores associados à outras cultivares (Tabela 3), demonstrando um breve parâmetro da evolução dos caracteres anatômicos devido ao melhoramento genético de *Coffea*, uma vez que desde a primeira cultivar Typica Cramer descrita por Dedecca (1957) até descrições mais atuais de cafeeiros, houveram variações na anatomia do lenho entre as cultivares, em maior parte nas quantitativas, como: a cultivar Mundo Novo (PEREIRA et al., 2014) apresentar comprimento dos vasos menor; diâmetro e frequência de poros maior e ausência de tilos diferindo das características encontradas no presente estudo para as cultivares Topázio MG1190 e progênies de Big Coffee VL. Além disso, os dados qualitativos e quantitativos da cultivar Typica Cramer (Dedecca, 1957) são poucos quando comparados aos estudos atuais.

Os caracteres anatômicos qualitativos dos cafeeiros descritos aqui também não puderam ser associados à caracterização de madeiras da família Rubiaceae defendida por Koek-Noorman (1977) e Jansen et al., (2002), já que ao dividir entre o tipo I: poros predominantemente solitários, parênquima apotraqueal difuso e fibras não-septadas; e II: parênquima axial ausente e pontoações simples, as cultivares de cafeeiro estudadas não se enquadram completamente a nenhum dos tipos pré-estabelecidos. Entretanto, é válido ressaltar que essas mesmas características correspondem aos caracteres anatômicos comuns à Rubiaceae (RECORD & HESS, 1949; METCALFE & CHALK, 1950).

Contudo, as análises quantitativas dos caracteres anatômicos demonstraram resultados significativos de grande valor à diferenciação entre as cultivares, uma vez que a distinguibilidade é um critério fundamental para a inclusão de novas cultivares na Lei de Proteção de Cultivares (Lei n. 9.456/97) (BRASIL, 1997a). Isso pode ser constatado analisando os dados de proporção (Figuras 5 e 6) nos quais pode-se observar que os valores das classes dos caracteres anatômicos dos vasos e raios separaram as progênies de Big Coffee VL da cultivar Topázio MG1190, na maior parte das características. Os gráficos também evidenciam que houve uma predominância de diâmetro (≤ 50) e frequência (20-40 mm²) de vasos menores nas progênies de Big Coffee VL quando comparadas à Topázio MG1190. Nas classes dos raios houve tendências opostas, pois houve uma predominância de comprimento de raios menores ($< 600 \mu\text{m}$) nas progênies e na cultivar Topázio MG1190 raios entre 600-800 μm ; E a frequência de raios maiores ($> 12 \text{ mm}^2$) de Topázio MG1190 apresentou predominância de 100% quando comparadas às progênies de Big Coffee VL. Tais dados refletem um possível rearranjo do tecido vegetal desses cafeeiros que variaram devido aos mecanismos de aproveitamento de recursos.

Esses dados são corroborados pelo dendrograma (Figura 7), o qual separou dois grandes grupos, um para cada cultivar, por índice de similaridade com base nos dados totais (sem separação de classes). Ainda que Jansen et al., (1997) tenha relatado dificuldade em diferenciar anatomicamente o lenho de cafeeiros a nível de espécie, os resultados aqui apresentados demonstram que a anatomia da madeira pode distinguir cultivares de cafeeiros quantitativamente.

Quando avaliadas as características das médias das classes de vasos e raios (Figura 6), há uma variação entre os valores significativos observados e embora haja divergência entre elas, parte dos dados demonstrou que a cultivar Topázio MG1190 se diferenciou significativamente das outras progênies em: diâmetro de vasos, comprimento e frequência de raios. Além disso, todos os valores médios dos caracteres das fibras, também apresentaram diferenças significativas entre a cultivar Topázio MG1190 e as progênies, respaldando os dados de proporção em conjunto com a análise de agrupamento distinguindo as cultivares uma da outra.

Dessa forma, os resultados permitiram diferenciar as cultivares por meio das características quantitativas do lenho dos cafeeiros analisados, evidenciando a anatomia da madeira como uma importante ferramenta para distinção entre cultivares, fornecendo novos dados favoráveis à validação da cultivar Big Coffee VL como uma cultivar diferente de Topázio MG1190, conforme critérios previstos na Lei de Proteção de Cultivares, também comprovando sua particularidade em relação às cultivares conhecidas (TEIXEIRA, 2011; VIEIRA FILHO, 2013).

CONCLUSÃO

A caracterização anatômica detalhada do lenho de cultivares de cafeeiros demonstrou-se como um importante aparato de diferenciação entre cultivares avaliadas no presente estudo: a cultivar Topázio MG1190 e a Big Coffee VL que diferenciaram nas características anatômicas qualitativas: fibras, proporção de classes de raios e vasos e foram agrupadas em dois grupos diferentes para cada com base nos dados qualitativos gerais de todos caracteres do lenho. Sendo este o primeiro estudo a utilizar a anatomia da madeira como instrumento para diferenciação de cultivares. Dessa forma, o presente estudo revela que a anatomia do lenho pode ser de grande importância tanto para a seleção de cultivares aptas a entrar dentro parâmetro de distinguibilidade da Lei de Proteção de Cultivares, quanto para complementar estudos de melhoramento genético acerca de caracteres anatômicos de interesse para seleção. Ressalta-se ainda que estudos complementares com outras cultivares de *Coffea* em anatomia de madeira podem contribuir para a validação da anatomia da madeira como um critério a fazer parte dos descritores mínimos aceitos para registro de cultivares.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Vinícius T. et al. Statistical modeling implications for coffee progenies selection. **Euphytica**, v. 207, n. 1, p. 177-189, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1561-6>

BESSA, Fernanda Maria Souto. Criação de uma xiloteca electrónica (e-xiloteca) tropical e sua utilização para identificação e caracterização de madeiras com fins científicos e económicos. 2009.

BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9456.htm>. Acesso em 26 jul. 2022.

BRAZ, Rafael Leite et al. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 117-123, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.037913>

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Wood anatomy**. 1991.

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

CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BAR-HEN, A. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. **Tree Genetics and Genome**, v.7, p.421-429, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11295-010-0344-4>

CHEN, C. et al. Structure–property–function relationships of natural and engineered wood. **Nature Reviews Materials**, v. 5, n. 9, p. 642-666, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41578-020-0195-z>

CLARINDO, Wellington Ronildo; CARVALHO, Carlos Roberto. Comparison of the *Coffea canephora* and *C. arabica* karyotype based on chromosomal DNA content. **Plant Cell Reports**, v. 28, n. 1, p. 73-81, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-008-0621-y>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v.8 safra 2021, n. 4, dezembro 2021.

DA SILVA SOUZA, Thaise et al. Polyploidy as a strategy to improve the industrial quality of eucalypt wood. **Wood Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 181-193, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01236-8>

DEDECCA, D. M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer. **Bragantia**, v. 16, p. 315-366, 1957. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051957000100023>

DE SOUZA, Felipe Ravelly Alves et al. Biopolímeros na indústria de alimentos: do aproveitamento de resíduos agroindustriais a produção de biopolímeros. **Verruck S, organizador. Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**, v. 4, p. 370-88, 2021. **DOI:** <https://doi.org/10.37885/210303531>

DIAS, Fábio Pereira et al. CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) SELECIONADAS EM MINAS GERAIS: II CARACTERES RELACIONADOS À PRODUÇÃO. **Revista Ceres**, v. 52, n. 299, 2005.

DIETZSCH, Rafael et al. Projeto e uso de tipos móveis de madeira no contexto tipográfico brasileiro. In: **Proceedings of 9º CIDI–Congresso Internacional de Design da Informação**. São Paulo: Blucher, 2019. p. 2395-2404.

EPAMIG. **Circular Técnica**, n.353, out. 2021.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes. pt: Pacote experimental designs (portuguese), 2018. **Acesso em 26 de Julho de 2022**, v. 17, 2021.

FLORA DO BRASIL. **Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB210>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

FOX, Donald T. et al. Polyploidy: a biological force from cells to ecosystems. **Trends in cell biology**, v. 30, n. 9, p. 688-694, 2020. **DOI:** <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2020.06.006>

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51-51, 1945. **DOI:** <https://doi.org/10.1038/155051a0>

GALILI, Tal. dendextend: an R package for visualizing, adjusting and comparing trees of hierarchical clustering. **Bioinformatics**, v. 31, n. 22, p. 3718-3720, 2015.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

IAWA Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull.** 10(2):219-332

JANSEN, Steven et al. Comparative wood anatomy of African Coffeae (Rubiaceae-Ixoroideae). **Belgian Journal of Botany**, p. 47-58, 1997.

JANSEN, Steven et al. A survey of the systematic wood anatomy of the Rubiaceae. **IAWA journal**, v. 23, n. 1, p. 1-67, 2002.

JOHANSEN, Donald Alexander. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company, Inc: London; 530p, 1940.

KOEK-NOORMAN, Jifke. Systematische holzanatomie einiger Rubiaceen. **Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft**, v. 90, n. 1, p. 183-190, 1977. **DOI:** <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1977.tb02814.x>

LIMA, Amador Eduardo de et al. Desempenho agronômico de populações de cafeeiros do grupo 'Bourbon'. 2016.

MARCHIORI, José Newton Cardoso. Anatomia das madeiras do gênero *Acacia*, nativas e cultivadas no estado do Rio Grande do Sul. 1990.

METCALFE, Charles Russell et al. Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses. **Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses.**, 1950.

PEREIRA, M. A. Confecção de móveis com a madeira de *Coffea arabica* L. 2008.

PEREIRA, Marisa Aparecida et al. Propriedades anatômicas, químicas e de densidade da madeira de *Coffea arabica* L. **Cerne**, v. 20, p. 363-367, 2014. **DOI:** <https://doi.org/10.1590/0104776020142003833>

RECORD, Samuel J.; HESS, Robert William. *Timbers of the new world*. 1949.

SCOTT, Andrew Jhon; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, p. 507-512, 1974.

SEVERINO, Liv Soares et al. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, p. 1467-1471, 2002.

SHAPIRO, Samuel Sanford; WILK, Martin B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SIEGLOCH, Anelise Marta; MARCHIORI, José Newton Cardoso. Anatomia da madeira de treze espécies de coníferas. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 6, n. 3, 2015. **DOI:** <https://doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v6n3p149-165>

SILVA, J. A. da. **Diversidade genética e seleção de progênies de cafeeiros do grupo "Big Coffee VL"**. 2016.

SILVA, Marta César Freire; SOUZA, Fernanda Ilkiu Borges de; GOMES, Joaquim Ivanir. Caracterização anatômica da madeira de quatro espécies de Vochysiaceae conhecidas, na Amazônia brasileira, como "mandioqueira". **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1193-1215, 2021. **DOI:** <https://doi.org/10.5902/1980509835831>

SISTON, Thaís Feirreira et al. Identificação Macroscópica e Microscópica das Madeiras do Parque Nacional do Itatiaia: Chave Interativa Desenvolvida em Software Livre. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 2, p. 178-204, 2020. **DOI:** <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i2.1460>

TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. **[http://www. R-project. org/](http://www.R-project.org/)**, 2022.

VIEIRA, Helena Cristina et al. Agrupamento e caracterização anatômica da madeira de espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista. **Rodriguésia**, v. 70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970038>

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; VIEIRA, Adriana Carvalho Pinto. A Inovação da Agricultura Brasileira: uma reflexão a partir da análise dos certificados de proteção de cultivares. 2013.

ZHANG, Wei-Wei et al. Divergences in hydraulic architecture form an important basis for niche differentiation between diploid and polyploid *Betula* species in NE China. **Tree physiology**, v. 37, n. 5, p. 604-616, 2017. **DOI:** <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx004>

WICKHAM, Hadley; CHANG, Winston; WICKHAM, Maintainer Hadley. Package 'ggplot2'. **Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version**, v. 2, n. 1, p. 1-189, 2016.

ZEILEIS, A. et al. colorspace: A Toolbox for Manipulating and Assessing Colors and Palettes. **Published online** March 14, 2019. 2020.

Tabela Suplementar 1- Valores médios quantitativos gerais dos caracteres anatômicos do caule das progênes P25, M5 e G13 da cultivar Big Coffee VL e da cultivar Topázio MG 1190.

Característica	Cultivar			
	P25	M5	G13	Topázio MG1190
Vasos*				
Diâmetro	41,57 ± 6,27**	40,72 ± 5,75	37,96 ± 5,13	45,84 ± 6,60
Comprimento	639,80 ± 150,07	633,74 ± 147,92	581,00 ± 134,14	611,85 ± 162,00
Frequência	30,48 ± 5,83	32,58 ± 7,29	29,31 ± 5,65	33,33 ± 10,05
Raios				
Comprimento	789,91 ± 120,71	701,67 ± 154,20	635,68 ± 123,70	754,75 ± 192,74
Largura	49,55 ± 10,88	44,47 ± 9,02	43,69 ± 9,71	48,68 ± 12,57
Frequência	14,25 ± 1,41	13,86 ± 1,75	13,75 ± 1,42	23,94 ± 2,96
Fibras				
Comprimento	1245,17 ± 187,9	1181,88 ± 198,47	1140,70 ± 151,03	1398,45 ± 174,25
Largura total	27,24 ± 4,33	26,91 ± 3,53	27,15 ± 3,54	24,07 ± 3,94
Largura do lúmen	10,63 ± 3,48	9,65 ± 2,74	10,19 ± 2,77	10,06 ± 2,50
Espessura da parede	8,31 ± 1,24	8,63 ± 1,07	8,48 ± 1,08	6,96 ± 1,35
Pontuações				
Intervasculares	2,58 ± 0,33	2,53 ± 0,41	2,66 ± 0,37	2,65 ± 0,34
Radiovasculares	2,03 ± 0,27	2,31 ± 0,44	3,02 ± 0,67	2,11 ± 0,61

(*) frequência de vasos e raios por área (mm²), diâmetro (µm) dos elementos de vaso e pontuações intervassculares e radiovasculares, comprimento (µm) de fibras, vasos e raios, largura total de raios e fibras, largura do lúmen das fibras e espessura da parede das fibras. (**) Média seguida de desvio padrão.