

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO**

**LUCIMARA CRUZ DE SOUZA**

**QUALIDADE DE *Coffea canephora* ASSOCIADA A ANÁLISES AGRONÔMICAS,  
FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS E MOLECULARES**

**ALEGRE, ES  
ABRIL-2021**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO

LUCIMARA CRUZ DE SOUZA

**QUALIDADE DE *Coffea canephora* ASSOCIADA A ANÁLISES AGRONÔMICAS,  
FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS E MOLECULARES**

Tese apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Doutora em Genética e Melhoramento.

Orientadora: Dra. Taís Cristina Bastos Soares  
Coorientadoras: Dra. Maria Amélia Gava Ferrão  
Dra. Patrícia Fontes Pinheiro

ALEGRE, ES  
ABRIL-2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

S719q Souza, Lucimara Cruz de, 1992-  
Qualidade de *Coffea canephora* associada a análises  
agronômicas, físico-químicas, sensoriais e moleculares / Lucimara  
Cruz de Souza. - 2021.  
145 f. : il.

Orientadora: Taís Cristina Bastos Soares.

Coorientadores: Maria Amélia Gava Ferrão, Patrícia Fontes  
Pinheiro.

Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) -  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências  
Agrárias e Engenharias.

1. Café Conilon. 2. Espírito Santo. 3. marcadores SSR. 4.  
melhoramento genético. 5. progênies. I. Soares, Taís Cristina  
Bastos. II. Ferrão, Maria Amélia Gava. III. Pinheiro, Patrícia  
Fontes. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de  
Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 631.523

---

LUCIMARA CRUZ DE SOUZA

**QUALIDADE DE *Coffea canephora* ASSOCIADA A ANÁLISES AGRONÔMICAS,  
FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS E MOLECULARES**

Tese apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo como requisito do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Doutora em Genética e Melhoramento.

Aprovado em 16 de abril de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA



---

**Dr<sup>a</sup>. Taís Cristina Bastos Soares**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora



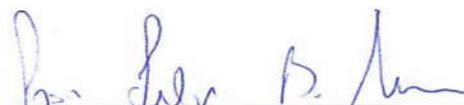
---

**Dr<sup>a</sup>. Maria Amélia Gava Ferrão**  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Café) /  
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural  
Coorientadora



---

**Dr<sup>a</sup>. Vanessa Moreira Osório**  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

**Dr. João Felipe de Brites Senra**  
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural



---

**Dr. Paulo Cezar Cavatte**  
Universidade Federal do Espírito Santo

O Senhor é a minha força e o meu escudo;  
nele o meu coração confia, e dele recebo ajuda.

Meu coração exulta de alegria,  
e com o meu cântico lhe darei graças.

Salmos 28:7

## AGRADECIMENTOS

Fim de mais um ciclo! Escrever os agradecimentos é ter a certeza de que nada podemos fazer sozinhos e de que, ter as pessoas certas ao nosso lado, faz toda a diferença no caminho.

Primeiramente gostaria de agradecer ao protagonista das minhas vitórias: Deus! Se eu cheguei até aqui, foi porquê Ele me guardou, segurou a minha mão e me fez ser forte! Não tenho palavras para agradecer sua bondade e fidelidade, mas uma coisa eu te peço, Senhor: “ nunca me deixes esquecer, que tudo o que tenho, tudo o que eu sou, o que vier a ser, vem de ti. ” Sozinha eu nada posso fazer;

Ao meu esposo Adelson, que me acompanha desde a graduação. Eu te amo! Obrigada pela cumplicidade, amor e dedicação ao nosso lar. Por segurar em minha mão e ser o abraço de Deus nos momentos desafiadores e, nos de conquistas. Crescemos juntos, de forma pessoal e profissional. Eu acredito nos sonhos de Deus para nossas vidas e juntos, vamos viver cada um deles.

À minha família, meu pai Sebastião Lúcio, minha mãe Mariza, minha irmã Mariana e minha avó Maria Aparecida (vovó Cidinha). Vocês são meus maiores exemplos de superação, respeito e força. Obrigada pelas orações e por todo esforço que fizeram para que eu chegasse até aqui e, pela compreensão, ao serem privados da minha companhia, em muitos momentos! Eu amo vocês, eternamente!

Ao meu sogro Adelson e sua esposa Luciléia, minha sogra Valéria e seu esposo Aprígio e aos meus cunhados (as) Pablo, Ian, Deborah e Isabelly. Obrigada por me acolherem em suas famílias, me recebendo como filha e irmã;

Aos meus amigos do Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular (Família BqMol), agregados de outros laboratórios e a todos os amigos que conquistei durante a Pós-Graduação, em especial: Conceição, Poliany, Jheniffer, Cristiana, Filipe, Fabiano, Thaís, Yumi, Rodrigo Lorenzoni, Rodrigo Dadalto, Franciele, Roberta, Karina, Soninha, Lara, Rafael, Lidiane, Marlete, Aléxia, Anderson, Rômulo, Edílson, Davi. Vocês foram presentes enviados por Deus. Agradeço também ao José Augusto (Guto) e a Mayara, que me auxiliaram nas análises físico-químicas e também se tornaram grandes companheiros nessa jornada.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Taís Cristina Bastos Soares, por me acolher nesses 4 anos, por ser exemplo de profissional, esposa e amiga. Obrigada pelos conselhos, ensinamentos, paciência e toda dedicação para o desenvolvimento dos

nossos projetos. “Eu deixo um pouco de mim e, levo muito de você”, deixo essa frase para dizer e expressar o quanto você foi importante na minha formação.

Às minhas coorientadoras Dr<sup>a</sup>. Maria Amélia Gava Ferrão e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Fontes Pinheiro, vocês foram fundamentais nesse processo. Obrigada por acreditarem em mim, pelas ricas contribuições e, a disponibilidade em me ajudar sempre que eu precisei, de forma tão rápida, profissional e humana.

Ao pesquisador Dr. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca por todo auxílio e ensinamentos durante o desenvolvimento dessa pesquisa, nos levando a obter significativos resultados.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Moreira Osório, ao Dr. João Felipe de Brites Senra, ao Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte, ao Prof. Dr. Fábio Demolinari de Miranda e a Dr<sup>a</sup>. Franciele Barros de Souza Sobreira, por aceitarem participar da comissão avaliadora da tese e pelas ricas contribuições.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento pela oportunidade concedida para realização dos cursos de mestrado e doutorado. Agradeço a todos os professores pelos conhecimentos transmitidos, em especial ao Prof. Dr. Fábio Demolinari de Miranda, que me acompanha desde o mestrado e por ter se tornado um grande amigo.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Sabrina Furtado, você é maravilhosa, dedicada, amiga e uma excelente profissional.

Às agências financiadoras e de apoio ao projeto: Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) – Edital FAPES/SEAG n° 06/2015 (Processo Processo n° 76422127/2016); Consórcio Pesquisa Café – Processo n° 02.13.02.045.00.02 e n° 10.18.20.026.00.02; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo n° 454856/2014\_8. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) pela parceria e disponibilização de amostras de grãos e folhas dos genótipos estudados para as análises físico-químicas e moleculares, respectivamente, e os dados fenotípicos e sensoriais. E, a todos seus pesquisadores e técnicos envolvidos nessa pesquisa, em especial ao Dr. Abraão Carlos Verdin Filho por todo auxílio e contribuições.

## **BIOGRAFIA**

Lucimara Cruz de Souza, filha de Sebastião Lúcio de Souza e Mariza de Souza Cruz, natural de Leopoldina-MG, nascida em 11 de março de 1992.

Em fevereiro de 2010, ingressou como aluna de graduação no curso de Licenciatura plena em Ciências Biológicas, na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), campus Ubá-MG. Concluiu o curso em dezembro de 2013, colando grau em janeiro de 2014 onde obteve o título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Em março de 2015, iniciou o curso de mestrado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre-ES, na linha de pesquisa Biotecnologia, sob orientação do professor Dr. Fábio Demolinari de Miranda. Atuou em atividades de pesquisa com ênfase em diversidade genética e genética molecular de espécies vegetais, obtendo o título de mestra em fevereiro de 2017.

Em março de 2017, ingressou no doutorado em Genética e Melhoramento na mesma universidade e programa, sob orientação da professora Dra. Taís Cristina Bastos Soares, em parceria com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Café). As atividades de pesquisa desenvolvidas durante o doutorado envolveram ferramentas da biologia molecular e análises para qualidade em genótipos de cafeeiro, submetendo-se à defesa de tese em 16 de abril de 2021.

## RESUMO GERAL

O café se configura como uma das principais *commodities* do Brasil, sendo a espécie *Coffea canephora*, destaque de produtividade no agronegócio do estado do Espírito Santo, onde é designada como café conilon. Análises agronômicas, físico-químicas, sensoriais e moleculares de cafeeiros permitem direcionar a escolha de acessos que aliem diversidade genética, bom desempenho agrônomo e, qualidade superior da bebida. Objetivou-se com esse estudo caracterizar genótipos (genitores e progênies híbridas) de café conilon do programa de melhoramento do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), oriundos de experimento com seis anos de idade, ano de 2017, conduzido na Fazenda Experimental de Marilândia, ES. Os genótipos foram avaliados por diferentes atributos relacionados a qualidade (agronômicos, físico-químicos e sensoriais) e, marcadores moleculares. As análises moleculares foram realizadas com 18 marcadores *Simple Sequence Repeat* – SSR e, 11 genitores com 101 progênies híbridas. Um total de 32 alelos foram obtidos e os marcadores foram classificados como moderadamente informativos (PIC = 0,37). Observou-se alta variabilidade genética entre os genitores e as progênies. Os valores de dissimilaridade variaram de 0,08 (P1 e P5) a 0,45 (P2 e P11) (média = 0,29) para os pais e de 0,00 (8 e 9) a 0,65 (4 e 40) (média = 0,34) para as progênies. As progênies 38 e 40 e o pai P11 foram considerados os mais divergentes no estudo. As progênies 8 e 9 foram consideradas duplicatas. As análises para a qualidade foram realizadas com 6 genitores e 101 progênies híbridas e, incluíram 34 variáveis (agronômicas, físico-químicas e sensoriais). Complementar à caracterização e análises multivariadas dessas variáveis, foi realizado um estudo de associação com 14 marcadores SSR, considerados polimórficos nas análises moleculares, visando identificar possíveis locos envolvidos no controle da qualidade. Na média, os genótipos foram caracterizados como de maturação média e uniforme, frutos de tamanho médio, bom rendimento de beneficiamento e com alta porcentagem de grãos chatos e moca. Observou-se que muitos genótipos apresentaram grãos pequenos. Nas análises físico-químicas, a sacarose apresentou valores médios (1,92%) abaixo do esperado para o café conilon (3% a 7%) e, ácidos clorogênicos (4,82%) e cafeína (2,58%) foram os de maiores concentrações. Nas análises sensoriais, 34 genótipos foram classificados como cafés especiais e/ou finos, com pontuações  $\geq 80$  pontos. A bebida dos genitores e progênies foi pontuada na média com 78,88 pontos. Os tratamentos com maiores notas sensoriais apresentaram menores valores de acidez, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, ácidos clorogênicos, cafeína e maiores valores de sacarose, indicando que esses atributos estão relacionados com a qualidade sensorial da bebida. Na análise associativa, 13 marcadores moleculares foram associados de forma significativa com as variáveis estudadas no âmbito de qualidade, o que indica uma possível ligação dessas marcas com QTLs envolvidos no controle das características. Nas análises multivariadas verificou-se ampla variabilidade entre os genótipos, com destaque para os 34 com pontuações sensoriais  $\geq 80$  pontos, que se mostraram superiores agronomicamente dentro do conjunto de variáveis estudadas e, com divergência genética. Os resultados conjuntos indicam a existência de variabilidade genética para os atributos avaliados, que pode ser explorada no melhoramento genético do café conilon para a seleção de plantas que reúnam características superiores relacionadas à qualidade e em nível molecular.

**Palavras-chave:** Café Conilon, Espírito Santo, marcadores SSR, melhoramento genético, progênies.

## ABSTRACT

Coffee is one of the main commodities in Brazil, being the species *Coffea canephora*, a highlight of productivity in agribusiness in the state of Espírito Santo, where it is referred to as conilon coffee. Agronomic, physical-chemical, sensory and molecular analysis of coffee trees allow directing the choice of accessions that combine genetic diversity, good agronomic performance and superior cup quality. The objective of this study was to characterize genotypes (parents and hybrid progenies) of conilon coffee from the breeding program of the Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), from an experiment with six years of age, in 2017, conducted at the Experimental Farm in Marilândia, ES. The genotypes were evaluated by different attributes related to quality (agronomic, physical-chemical and sensory) and, molecular markers. Molecular analyzes were performed with 18 Simple Sequence Repeat - SSR markers and 11 parents with 101 hybrid progenies. A total of 32 alleles were obtained and the markers were classified as moderately informative (PIC = 0.37). High genetic variability was observed between parents and progenies. The dissimilarity values varied from 0.08 (P1 and P5) to 0.45 (P2 and P11) (mean = 0.29) for the parents and from 0.00 (8 and 9) to 0.65 (4 and 40) (mean = 0.34) for the progenies. Progenies 38 and 40 and father P11 were considered the most divergent in the study. Progenies 8 and 9 were considered duplicates. The quality analyzes were performed with 6 parents and 101 hybrid progenies and included 34 variables (agronomic, physical-chemical and sensory). Complementing the characterization and multivariate analyzes of these variables, an association study was made with 14 SSR markers, considered polymorphic in the molecular analyses, aiming to identify possible loci involved in quality control. On average, the genotypes were characterized as of medium and uniform maturation, medium sized fruits, good processing yield and with a high percentage of flat grains and mocha. It was observed that many genotypes presented small grains. In the physical-chemical analyses, sucrose showed average values (1.92%) below that expected for conilon coffee (3% to 7%), and chlorogenic acids (4.82%) and caffeine (2.58%) were the ones with the highest concentrations. In the sensory analyses, 34 genotypes were classified as special and/or fine coffees, with scores  $\geq 80$  points. The cup of parents and progenies was scored on average with 78.88 points. The treatments with higher sensory notes showed lower values of acidity, electrical conductivity, potassium leaching, chlorogenic acids, caffeine and higher sucrose values, indicating that these attributes are related to the sensory quality of the cup. In the associative analysis, 13 molecular markers were significantly associated with the variables studied in the scope of quality, which indicates a possible connection of these marks with QTLs involved in the control of characteristics. In the multivariate analyses, there was wide variability between the genotypes, with emphasis on the 34 with sensory scores  $\geq 80$  points, which were shown to be superior agronomically within the set of variables studied and, with genetic divergence. The joint results indicate the existence of genetic variability for the evaluated attributes, which can be explored in the genetic improvement of conilon coffee for the selection of plants that have superior characteristics related to quality and at the molecular level.

**Keywords:** Conilon Coffee, Espírito Santo, SSR markers, genetic improvement, progenies.