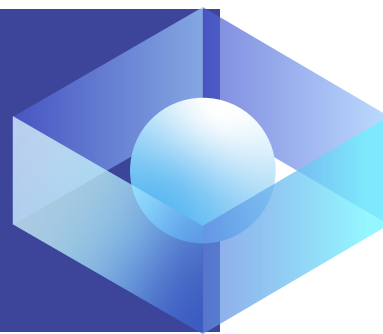


POSMAT



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Materiais

HUGO CESAR TADEU

Compostos bioativos e capacidade antioxidante em clones de
Coffea canephora no Amazonas

BAURU
2024

HUGO CESAR TADEU

Compostos bioativos e capacidade antioxidante em clones de
Coffea canephora no Amazonas

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru, para a obtenção do título de Grau acadêmico de Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais.

Área de concentração: Biomateriais

Orientador:

Dr. Valdecir Farias Ximenes

Coorientador:

Dr. Marcelo Curitiba Espíndola

BAURU
2024

T121c

Tadeu, Hugo Cesar

Compostos bioativos e capacidade antioxidante em clones de Coffea canephora no Amazonas / Hugo Cesar Tadeu. -- Bauru, 2024

122 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientador: Valdecir Farias Ximenes


Coorientador: Marcelo Curitiba Espíndola

1. Estresse oxidativo. 2. Biodiversidade. 3. Cultivo do café. 4. Economia regional. 5. Amazonas, Rio, Bacia. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE HUGO CESAR TADEU, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

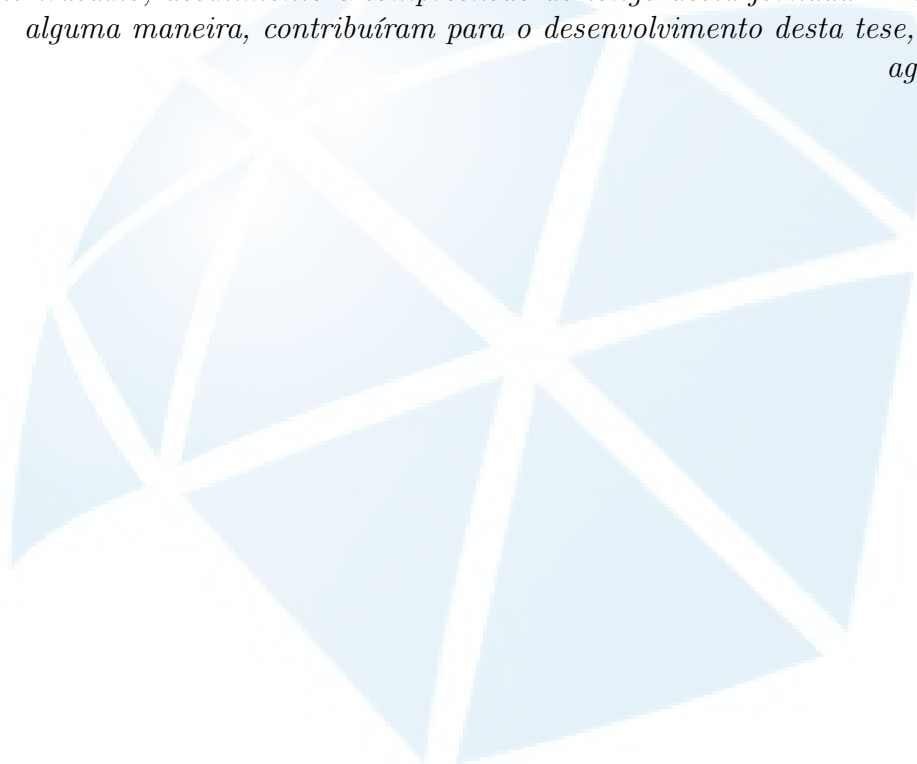
Aos 27 dias do mês de setembro do ano de 2024, às 14:00 horas, no(a) por videoconferência (<https://tel.meet/ncv-wmrb-abs?pin=8670773573740>), realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de HUGO CESAR TADEU, intitulada **Compostos bioativos e capacidade antioxidante em clones de Coffea canephora no Amazonas**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. VALDECIR FARIAS XIMENES (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - Unesp/Câmpus de Bauru, Prof. Dr. RUBENS JOSÉ GUIMARÃES (Participação Virtual) do(a) Agricultura - Setor de Cafeicultura / Produção de Mudas / Universidade Federal de Lavras, Prof. Dr. EDSON PABLO DA SILVA (Participação Virtual) do(a) Núcleo de Produção de Extratos / Centro de Biotecnologia da Amazônia - CBA, Prof. Dr. FLAVIO JUNIOR CAIRES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - Unesp - Bauru, Prof. Dr. ALOISIO COSTA SAMPAIO (Participação Virtual) do(a) Ciências Biológicas / UNESP/FC-Bauru. Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: Aprovado _ _ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. VALDECIR FARIAS XIMENES

Documento assinado digitalmente
 VALDECIR FARIAS XIMENES
Data: 27/09/2024 17:14:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedicatória

Dedico esta tese à minha família e àqueles que passaram a fazer parte dela, pelo amor e suporte incondicional. Aos meus amigos, que contribuíram de forma direta ou indireta, pelo trabalho, acolhimento e compreensão ao longo desta jornada. A todos que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento desta tese, meu sincero agradecimento.



Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), na pessoa do amigo Prof. Dr. Fabio Medeiros Ferreira. Agradeço à Fazenda Experimental da UFAM (FAEXP), na figura do colega coordenador Kleyver Fagundes de Oliveira. Agradeço à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), ao amigo e coorientador, pesquisador Dr. Marcelo Curitiba Espíndola. Agradeço à Universidade Federal de Lavras, na figura da colega Dra. Ana Paula de Carvalho Alves. Agradeço à Universidade Estadual Paulista (UNESP), na figura do meu orientador Prof. Dr. Valdecir Farias Ximenes, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo fomento à pesquisa e bolsa pelo Edital N. 012/2021 - POSGFE.



*"Não tive uma vocação especial. Gostei da ideia, da planta, e continuei trabalhando até
agora."*

Dr. Alcides Carvalho em 1987



RESUMO

A tese explora o Amazonas como uma nova fronteira agrícola sustentável para *Coffea canephora*, conectando a história da cafeicultura local aos avanços científicos sobre compostos bioativos e suas aplicações industriais. O estudo revisita a trajetória da cafeicultura no Amazonas desde o século XVII, destacando os desafios e transformações que moldaram o setor e justificam as investigações atuais. O objetivo é caracterizar os compostos bioativos e ácidos orgânicos presentes nas cultivares locais de *C. canephora*, com foco em componentes como trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína, e em identificar a variabilidade genética e as propriedades antioxidantes dessas plantas. Foram utilizadas análises cromatográficas e espectrofotométricas, que permitiram identificar a variabilidade genética e a alta herdabilidade desses compostos bioativos em dez cultivares de *C. canephora*, cultivadas em blocos ao acaso, com o emprego de métodos específicos para determinação da atividade antioxidante, como o método ORAC. Os resultados indicam que as cultivares amazônicas apresentam um potencial significativo para uso nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. A valorização desses compostos bioativos destaca novas oportunidades econômicas e sustentáveis, fortalecendo a cadeia produtiva do café no Amazonas e promovendo práticas agrícolas em harmonia com o ecossistema local.

Palavras-chave: sustentabilidade agrícola; inovação em café; antioxidantes naturais; diversidade genética; legado da cafeicultura.

ABSTRACT

The thesis explores the Amazonas region as a new sustainable agricultural frontier for *Coffea canephora*, linking the local coffee cultivation history to scientific advances in bioactive compounds and their industrial applications. The study revisits the trajectory of coffee cultivation in Amazonas since the 17th century, highlighting the challenges and transformations that have shaped the sector and justify the current investigations. The objective is to characterize the bioactive compounds and organic acids present in local *C. canephora* cultivars, focusing on components such as trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine, and to identify the genetic variability and antioxidant properties of these plants. Chromatographic and spectrophotometric analyses were employed, allowing the identification of genetic variability and the high heritability of these bioactive compounds in ten *C. canephora* cultivars, cultivated in randomized blocks and assessed using specific antioxidant activity determination methods, such as the ORAC method. The results indicate that Amazonas cultivars present significant potential for use in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. The valorization of these bioactive compounds highlights new economic and sustainable opportunities, strengthening the coffee production chain in Amazonas and promoting agricultural practices that harmonize with the local ecosystem.

Keywords: sustainability in agriculture; coffee innovation; natural antioxidants; genetic diversity; coffee cultivation legacy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Termos e temas sobre a Cafeicultura no Amazonas	15
Figura 2 – Linha do tempo para a cafeicultura no Amazonas - Brasil	19
Figura 3 – Discurso sobre os gêneros de comércio que há no Maranhão	20
Figura 4 – Grande Exposição de Café - 2º Centenário do Cafeeiro no Brasil - 1927	21
Figura 5 – Trecho da Capitania de São José do Rio Negro durante a segunda metade do século XVIII	27
Figura 6 – Primeira produção registrada de café no atual Amazonas em 11 de maio de 1761	29
Figura 7 – As plantações de café que avançaram Floresta da Tijuca adentro, 1835	35
Figura 8 – Ksssse! Pedro - Ksssse! Ksssse! Miguel!	37
Figura 9 – Rotas de navios a vapor na Amazônia	41
Figura 10 – Valor oficial da produção agrícola do Brasil no quinquênio de 1880 a 1885	43
Figura 11 – Localidades de atuação do IAN (1962)	49
Figura 12 – Crise do abastecimento de café em Manaus - AM em A Crítica (1971)	51
Figure 13 – Principal component analysis (PCA) of ten <i>Coffea canephora</i> cultivars based on bioactive compounds and organic acids	69
Figura 14 – Genealogia das cultivares estudadas e origem.	75
Figura 15 – Elementos que compõem o nome das cultivares	76
Figura 16 – Gráfico de Boxplot das concentrações dos compostos bioativos (Trigonelina, Ácido Clorogênico, Cafeína e Ácido Cítrico) por cultivares híbridas de <i>Coffea canephora</i>	86
Figura 17 – Gráfico de Boxplots dos resultados dos métodos POL, FLAV e ORAC por cultivares de <i>Coffea canephora</i>	88
Figura 18 – Análise de Componentes Principais (PCA) e Clusterização K-means de compostos bioativos e atividade antioxidante em grãos crus de dez cultivares de <i>Coffea canephora</i>	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vilas e localidades de colheita de café pelos moradores, da Capitania de São José do Rio Negro: ano de 1775.	32
Tabela 2 – Localidades da Capitania do Rio Negro (1774-1775) e como se apresentava a cultura do café.	32
Tabela 3 – O declínio da produção agrícola no período de 1829 a 1896.	44
Table 4 – Genotypes origin and genealogy with the registration date of 2019 in the National Cultivar Registry of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply RNC/MAPA.	65
Table 5 – Content of bioactive compounds and citric acid per 100g of dry coffee sample from Robusta cultivars.	68
Table 6 – Mean squares and genetic and environmental parameters of the joint analysis for Trigonelline, Chlorogenic Acids, Caffeine and Citric Acid of <i>C. canephora</i> cultivars, evaluated in Manaus-AM, in 2021.	71
Tabela 7 – Conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante conforme métodos, para híbridos de <i>Coffea canephora</i>	79
Tabela 8 – Análise dos Boxplots das Concentrações dos Compostos bioativos por Cultivares de <i>Coffea canephora</i>	87
Tabela 9 – Análise dos Boxplots dos resultados dos métodos POL, FLAV e ORAC por cultivares híbridas de <i>Coffea canephora</i>	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	OBJETIVOS	16
3	CAPÍTULO - CENTENÁRIOS DESAFIOS DA CAFEICULTURA NO AMAZONAS	17
3.1	Introdução	18
3.2	Século XVII: Tardia Revelação, café no Brasil antes de Palheta	19
3.3	Século XVIII: O café em seus primórdios na região Norte do Brasil	22
3.4	Século XIX: Novos rumos e o Amazonas como fundo do quintal	33
3.5	Século XX: Costumes enraizados e café: Desafios e Potencialidades	45
3.6	Considerações	59
4	CHAPTER - ANALYSIS OF BIOACTIVE COMPOUNDS, ORGANIC ACIDS, AND GENETIC PARAMETERS OF TEN AMAZONIAN RO- BUSTA CULTIVARS.	61
4.1	Abstract	62
4.2	Resumo - Análise de compostos bioativos, ácidos orgânicos e parâmetros genéticos de dez cultivares de Robustas Amazônicas.	62
4.3	Introduction	63
4.4	Material e Methods	65
4.5	Results e Discussion	66
4.6	Conclussions	71
4.7	Acknowledgements	71
5	CAPÍTULO - CAFÉ DA AMAZÔNIA: EXPLORAÇÃO DA POTENTE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS BIOATIVOS	72
5.1	Resumo	73
5.2	Introdução	73
5.3	Materiais e Métodos	75
5.4	Resultados e Discussão	78
5.5	Conclusões	92
6	DISCUSSÃO GERAL	93

7	CONCLUSÕES GERAIS	95
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO	115

1 INTRODUÇÃO GERAL

O café, é uma das bebidas mais consumidas no mundo, sendo cultivado em mais de setenta países (Junior; Lima; Silva, 2023). No Brasil, país que se destaca como o maior produtor mundial, duas espécies principais são cultivadas: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner. Dentro desse contexto, a Amazônia emerge como uma nova fronteira para a produção de café, principalmente com a introdução de variedades híbridas de *C. canephora*, que mostram-se altamente adaptáveis e resistentes às mudanças climáticas, características essenciais para o desenvolvimento sustentável da região (Rakocevic *et al.*, 2022).

Historicamente, o desenvolvimento da cultura do café no Brasil está intrinsecamente ligado à própria formação social e econômica do país. No entanto, a história do café na Região Amazônica é muitas vezes subestimada, apesar de seu papel significativo. A introdução do café na Amazônia, especialmente no estado do Amazonas, não só marcou a recuperação de áreas desmatadas, mas também consolidou a região como uma fonte sustentável de recursos, como evidenciado pela crescente produção de café conilon (CONAB, 2024).

Apesar da relevância dessa cultura, ainda existem lacunas importantes a serem exploradas. A adaptabilidade e a variabilidade genética de *C. canephora* são áreas que requerem maior investigação, especialmente em relação à sua capacidade de suportar estresses abióticos intensificados pelas mudanças climáticas. Há necessidade de entender melhor os marcadores genéticos que conferem resistência a doenças e características de qualidade, visando o progresso genético por meio do melhoramento molecular Ferrão *et al.* (2023).

A lacuna de pesquisa identificada reside na necessidade de aprofundar o conhecimento sobre os compostos bioativos presentes no *Coffea canephora* da Amazônia, bem como sua atividade antioxidante. Esses compostos, como ácidos clorogênicos, cafeína, trigonelina e ácido cítrico, possuem propriedades que podem ser exploradas não apenas pela indústria alimentícia, mas também pelas indústrias farmacêutica, cosmética e agropecuária (Leticia; Silva; Oliveira, 2022; Aissaoui *et al.*, 2020). A investigação dessas propriedades bioquímicas, aliada ao estudo da adaptabilidade das cultivares à região amazônica, é crucial para o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado e para a promoção da saúde pública. A Figura 1, ilustra os principais termos, temas e compostos investigados nesta tese, destacando a diversidade de áreas envolvidas e as oportunidades de pesquisa e desenvolvimento associadas ao café da Amazônia.

Figura 1 – Termos e temas sobre a Cafeicultura no Amazonas



Fonte: Do autor (2024).

O problema central que esta pesquisa pretende abordar é a caracterização e quantificação dos compostos bioativos presentes em cultivares de *Coffea canephora* da Amazônia, bem como a avaliação de sua atividade antioxidante.

A realização desta pesquisa é justificada pela relevância crescente do café da Amazônia, não apenas como uma commodity, mas como uma fonte de ingredientes bioativos com ampla aplicabilidade industrial. A exploração científica desse potencial pode gerar benefícios econômicos significativos, promover a sustentabilidade ambiental e contribuir para o avanço do conhecimento científico na área de biotecnologia e saúde pública.

Pretende-se com este estudo, contribuir de forma substancial para a literatura e sociedade, ao destacar o potencial estratégico do *Coffea canephora* amazônico, reforçando a Amazônia como um polo emergente na produção de ingredientes bioativos de alto valor agregado, com implicações diretas para a biotecnologia global.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Explorar e documentar a jornada histórica do café no Amazonas, as propriedades bioativas e antioxidantes das cultivares, com ênfase na caracterização dos compostos presentes nos híbridos de *Coffea canephora* plantadas na região, visando possibilitar o desenvolvimento de produtos de alto valor agregado.

Objetivos Específicos

- **Objetivo Específico 1:** Analisar a trajetória histórica da cafeicultura no estado do Amazonas, identificando os principais desafios e transformações ao longo dos séculos, avaliando seu impacto no desenvolvimento econômico e social da região.
- **Objetivo Específico 2:** Caracterizar os compostos bioativos e ácidos orgânicos nas cultivares de *Coffea canephora* da Amazônia, com foco na variabilidade genética e no potencial antioxidante, visando à identificação de cultivares promissoras para o melhoramento genético e a criação de produtos de alto valor agregado.
- **Objetivo Específico 3:** Investigar a atividade antioxidante das cultivares de *Coffea canephora* da Amazônia, avaliando seu potencial como fonte sustentável de ingredientes bioativos para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, e propondo estratégias para sua exploração comercial e industrial.

3 CAPÍTULO - CENTENÁRIOS DESAFIOS DA CAFEICULTURA NO AMAZONAS

Hugo Cesar Tadeu

Engenheiro Agrônomo, doutorando em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT, UFAM, Manaus – AM

Valdecir Farias Ximenes

*Bacharel em Química, doutor em Química Orgânica, professor associado, Faculdade de Ciências, Unesp, Bauru –
SP*

Simone Santos Rodrigues

*Administradora de Recursos Humanos, doutoranda em Educação – TIC, Universidade de Lisboa, IFAM, Manaus –
AM*

3.1 Introdução

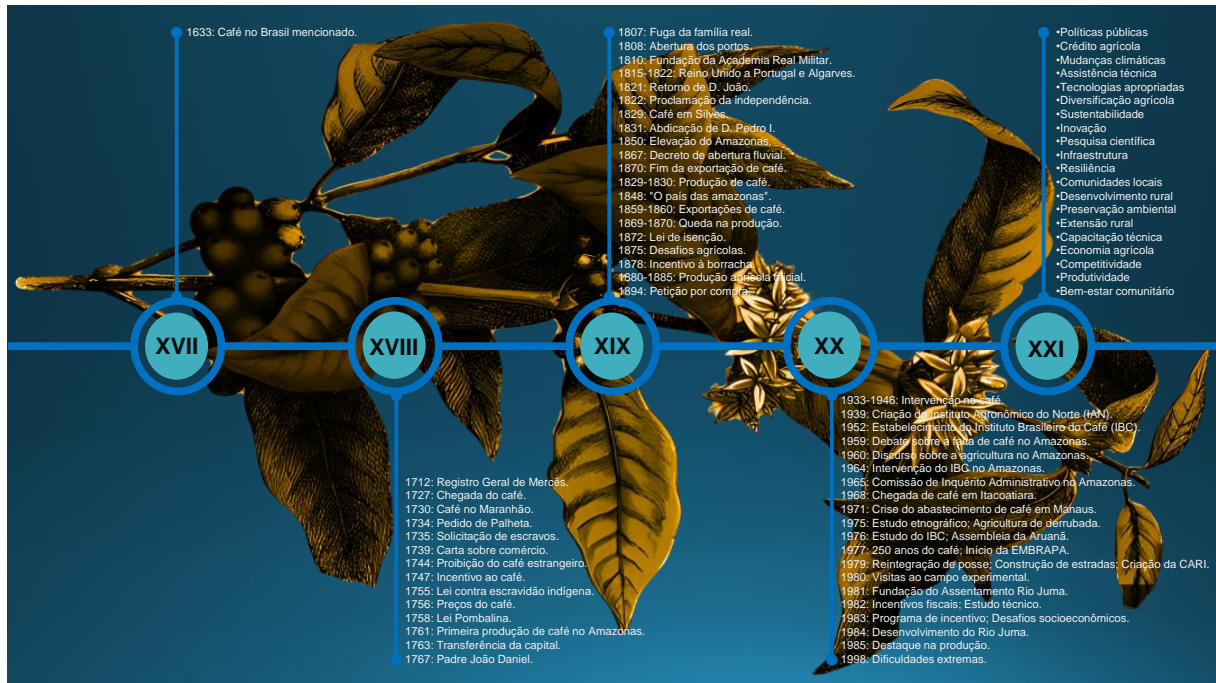
A frase “A história do Brasil foi escrita com tinta de café” é atribuída a Coelho Neto (1864-1934), escritor, maranhense, mameluco, político e professor. No Brasil, o desenvolvimento da cultura do café confunde-se intrinsecamente com a própria história do país. Por meio de adaptação e, até mesmo, vocação, o café marcou épocas devido à sua significativa importância econômica e social.

A história do café no Brasil é permeada de incertezas quanto à sua veracidade e temporalidade, ecoando a aura enigmática que envolve sua origem. Em meio às brumas do tempo, surgem narrativas que se entrelaçam em uma teia de lendas e fatos históricos. Apesar das incertezas históricas, o fascínio pelo café transcende fronteiras, conquistando povos ao redor do mundo por seu sabor e por sua história intrigante, que supostamente teve início em uma lenda envolvendo cabras e um pastor, registrada em manuscritos do Iêmen, do ano de 575, segundo Martins (2008).

Contudo, apesar da relevância inegável do café na história brasileira, a Região Amazônica é frequentemente subestimada nesse contexto, reconhecida apenas como o ponto de introdução dessa cultura. O Amazonas, embora muitas vezes negligenciado nesse cenário histórico, desempenhou um papel significativo na cultura do café. Uma série de eventos e evidências ressalta a importância do café para o desenvolvimento econômico e cultural do Amazonas, como registrado por Jobim (1957).

Contar uma história pouco registrada (Figura 2), e com ineditismo é como explorar territórios desconhecidos, desvendar segredos ocultos e dar voz ao que ainda não ecoou. Neste capítulo, enfrenta-se o desafio de narrar a trajetória da cafeicultura no Amazonas, em um enredo que nunca antes fora entoado.

Figura 2 – Linha do tempo para a cafeicultura no Amazonas - Brasil



Fonte: Do autor (2024).

3.2 Século XVII: Tardia Revelação, café no Brasil antes de Palheta

O diplomata português Duarte Ribeiro de Macedo (1633, p. 45) mencionou em seu “Discurso sobre os gêneros de comércio que há no Maranhão”, a respeito de 37 gêneros de elevado potencial econômico e que estariam disponíveis no Maranhão e no Pará (Cardoso, 2022b), denotando que o café já era conhecido no território brasileiro (Figura 3).

Taunay (1945), uma narrativa consolidada por historiadores durante o bicentenário (Figura 4) da introdução em terras brasileiras (Martins, 2008). No entanto, atualmente, com o avanço do sequenciamento genético e outras técnicas, é possível que a ciência venha a preencher essas lacunas do discurso tradicional e iluminar a história.

Figura 4 – Grande Exposição de Café - 2º Centenário do Cafeeiro no Brasil - 1927



Fonte: Leilões (2024).

Trabalhos como o *The genome and population genomics of allopolyploid Coffea arabica reveal the diversification history of modern coffee cultivars* (Salojärvi et al., 2024) reconstróem a geohistória do café, fornecendo informações genéticas detalhadas sobre o *Coffea arabica* e

seus progenitores. Esses dados genômicos ajudam a entender a evolução e diversificação do café ao longo do tempo, incluindo a identificação de eventos poliploides, gargalos genéticos e migrações populacionais. Com essas informações, é possível traçar a história evolutiva do café e sua disseminação geográfica, contribuindo para uma compreensão mais completa da história e origem dessa importante cultura agrícola.

3.3 Século XVIII: O café em seus primórdios na região Norte do Brasil

A narrativa convencional sobre a introdução do café no Brasil remonta ao século XVIII, atribuindo a Francisco de Melo Palheta a chegada das primeiras mudas da planta e sementes ao território brasileiro, supostamente em 1727, na província do Grão-Pará, em Belém. Essa versão consolidada na *Historiografia Brasileira* (IB, 1927), destaca Palheta como sendo um oficial a serviço da coroa portuguesa que, enviado em missão diplomática à Guiana Francesa, teria obtido as sementes e mudas do café através de um gesto cortês da esposa do governador francês (Papavero; Teixeira; Overal, 2001; Martins, 2008).

Alguns fatos históricos são mais intrigantes do que podemos imaginar. Entre os registros antigos, emerge um episódio curioso protagonizado por um herói militar cuja visão transcendia sua missão de proteger as fronteiras coloniais. Antes mesmo de o café chegar oficialmente ao Brasil, Palheta fez um pedido inusitado à Coroa Portuguesa: uma “légua quadrada” — área que corresponde a 3.600 hectares (INCRA, 2020).

Esse gesto peculiar presente no Registro Geral de Mercês no Tombo (1712), levanta indagações sobre seu possível conhecimento prévio das potencialidades agrícolas da região, sugerindo uma antecipação do futuro papel da Amazônia na cafeicultura brasileira.

É importante destacar que o café só se tornou popular na Europa no século XVII e que, nos séculos XVI e XVII, os viajantes europeus enfrentavam dificuldades para explorar profundamente o Brasil devido às condições geográficas (Amaral, 1958). O autor menciona a impossibilidade temporal de as sementes introduzidas em Belém do Pará terem produzido uma safra a tempo de fornecer condições para que no sertão maranhense em 1730, pudesse colher uma produção que permitia carregar 20 navios, conforme foi noticiado em Portugal, o que pode indicar que o café já estava sendo cultivado e produzido em quantidades significativas antes do que se acreditava anteriormente.

É possível considerar que o café já era cultivado na região de forma não oficial, possivelmente para evitar a tributação da coroa, a qual se denominava dízimo, ou ainda devido à proibição

de seu cultivo, conforme mencionado pelo jesuíta Antônio Vieira (Dean, 1992). Com o aumento da demanda e a comprovação da viabilidade de cultivo e econômica do café na região, houve a necessidade de oficializar sua produção. Assim, o romance em torno da história da introdução do café no Brasil poderia ser visto como uma formalização de uma prática pré-existente.

Após a oficialização do cultivo de café no Brasil Colônia, houve uma proliferação de documentos que detalham os aspectos técnicos, econômicos e sociais da cultura cafeeira. Graças ao empreendedorismo de líderes coloniais, como o Capitão-Mor, que incentivaram e facilitaram a produção agrícola, um vasto volume de registros foi gerado, abrangendo desde o sucesso das plantações até questões políticas e econômicas associadas ao café. A obra *O Fazendeiro do Brasil*, organizada por Frei Mariano da Conceição Veloso no final do século XVIII, é um marco desse movimento, oferecendo ao público colonial informações valiosas sobre técnicas de cultivo e manejo, inspiradas em modelos agrônômicos das Antilhas e adaptadas ao contexto brasileiro (Marquese, 2009). Esses documentos refletem a ascensão do café como uma das principais commodities globais, ao mesmo tempo que retratam os desafios e triunfos enfrentados no percurso para consolidá-lo como uma força econômica central.

A trajetória histórica do café no Brasil, como observa Vartan (2023), configura-se em uma narrativa de inovação e resiliência, atravessando o período colonial e alcançando posição de destaque no cenário global. Esse percurso é evidenciado por documentos que abordam tanto os aspectos técnicos e econômicos quanto as implicações sociais da cultura cafeeira, como a dependência do trabalho escravo e a subsequente transição para o trabalho livre, elementos essenciais para entender a evolução social e econômica da cafeicultura brasileira (Vartan, 2023). Ao longo desse processo, a vasta documentação gerada fornece uma visão abrangente sobre a cultura cafeeira, evidenciando o papel do café na estruturação da economia e da sociedade brasileira, e consolidando-o como um elemento central da identidade econômica e cultural do país.

Em 1730, o Governador e Capitão-Geral do Estado do Maranhão, Alexandre de Souza Freire, emitiu um ofício que revelava um cenário vibrante e diversificado na região, onde o café emerge como uma cultura de destaque (Freire, 1730). Entre as notícias sobre comércio e desenvolvimento econômico, o cultivo do café se destaca, indicando sua crescente importância na sociedade colonial. Essa menção sugere não apenas a expansão agrícola, mas também a consolidação do café como um pilar da economia local, marcando um período de transformação e vitalidade na região.

Em documento histórico do Arquivo Histórico Ultramarino, emitido em 15 de outubro de 1735, o governador e capitão-general do Estado do Maranhão, José da Serra, enviou uma carta destinada ao rei D. João V, a pedido de Francisco de Melo Palheta, para tratar a respeito da provisão de 16 de fevereiro de 1734. Nesse pedido, o “Suplicante” solicitava um alvará para conduzir cem casais de índios do sertão do Rio Negro, justificando que possuía “mil e tantos pés de café” e necessitava de mão de obra, além da familiar, para cuidar de suas lavouras de cacau e café (Magalhães, 1939). Curioso que também retrata que havia entregue a Oficiais do Senado (câmara de vereadores) em Belém “mil e tantas sementes” e cinco mudas para serem distribuídas aos moradores (Magalhães, 1939), com intuito de sensibilizar e respaldar o seu pedido.

O Supplicante que o Governador de Cayana deitava um bando á sua chegada que ninguém desse caffè aos Portuguezes, capaz de nascer, se informou o Supplicante do valor daquela droga, e vendo o q' hera fez delligencias por trazer algumas sementes com algum despendio da sua Fazenda, zeloso dos augmentos das Reaes rendas de V. Magestade, e não só troche mil, e tantas frutas que entregou aos Officiaes do Senado (“vereadores da câmara municipal”) para que o repartissem com os moradores, como também sinco plantas, de que já hoje ha muito no Estado (Magalhães, 1939, p. 78-79).

Considerando o significativo número de plantas de café concentradas em propriedade de Palheta (Magalhães, 1939, p. 79), em comparação com a quantidade de propágulos documentados durante a introdução da cultura na região, surge a indagação de como isso foi possível em um período tão breve, aproximadamente seis anos. Sabemos que, para este período, os arbustos recém-plantados levam cerca de cinco anos para entrar em plena produção (Marquese, 2015), e embora esse tempo tenha sido otimizado com o progresso do cultivo, as condições no século XVIII eram severas para a produção agrícola, com desafios que potencializam os riscos de insucesso.

E como o Supplicante se acha muito falto de servos e tem mil, e tantos pés de Caffé, e três mil pés de Cacao, e não tem quem lhos cultive, e se acha com sinco filhos, pede a V. Magestade lhe faça mercê conceder por seu Alvará cem cazaes cte escravos do Certão do Rio Negro (Magalhães, 1939, p. 79).

Será que nosso herói cafeicultor trouxe mais sementes e mudas do que foi relatado às autoridades de Belém, ou possuía avançadas tecnologias para a propagação do café? Essa disparidade nos faz refletir sobre os possíveis segredos por trás desse notável feito, talvez guardando “mil e tanto” segredos.

Em 18 de outubro de 1739, os oficiais da Câmara da cidade de Belém do Pará enviaram uma carta ao rei D. João V (Belém, 1739), os mesmos a quem foi entregue a responsabilidade

de distribuir a cultura do café, solicitando a proibição do comércio de café estrangeiro como medida para incentivar o cultivo da cultura na capitania. Como resultado, no ofício enviado pelo Governador e Capitão-General do Estado do Maranhão e Pará, João de Abreu Castelo Branco, ao Cardeal da Mota, D. João de Mota e Silva (AHU, 1744), há menção significativa sobre a cultura do café naquela região. O documento relata ainda a recuperação notável na produção de café como resultado da proibição da entrada de café estrangeiro, uma medida que beneficiou a economia local ao impulsionar a produção interna.

No entanto, a aplicação da lei que proibia a introdução de café estrangeiro nem sempre era devidamente executada. Já existia exportação de café para outros países, mas enfrentava-se dificuldades semelhantes às vivenciadas com a França, conforme registros documentais (Branco, 1744).

O café foi incentivado na capitania do Pará, conforme revelado em cartas remetidas ao Conselho Ultramarino (AHU, 1747), que abordaram diversas questões administrativas do Estado do Maranhão. Essas correspondências incluíam pedidos relacionados à promoção do cultivo de plantas como o café e a canela, visando o desenvolvimento econômico regional.

O dízimo, dentro do contexto histórico descrito por Viveiros (1954), representava uma forma de tributação imposta pela Coroa Portuguesa sobre os colonos das colônias, consistindo em uma taxa cobrada sobre a produção agrícola e outros produtos, com a finalidade de financiar a Fazenda Real (Chambouleyron, 2006). Um exemplo desse sistema pode ser observado na carta datada de 16 de outubro de 1755, em que o governador interino da capitania do Pará, o Bispo do Pará, D. Fr. Miguel de Bulhões e Sousa, discute a arrematação do contrato dos dízimos de produtos como cravo, cacau, salsa e café a Luís Gonçalves (Sousa, 1755).

De acordo com o trabalho de Matos (2023), no ofício do governador interino do Estado do Maranhão e Pará, Bispo do Pará, D. Fr. Miguel de Bulhões e Sousa, para o Secretário de Estado dos Negócios Estrangeiros e da Guerra, havia uma reclamação acerca dos preços estabelecidos pelos administradores para a compra dos gêneros embarcados pelos moradores. Baltasar Barbosa havia estipulado os preços como melhores e condizentes para os moradores “1.200 réis a arroba de cacau, 6.400 réis a arroba de cravo fino, 3.000 réis a arroba de cravo grosso, 6.000 réis a arroba de salsa do Pará e 3.000 réis a arroba de café” (Matos, 2023).

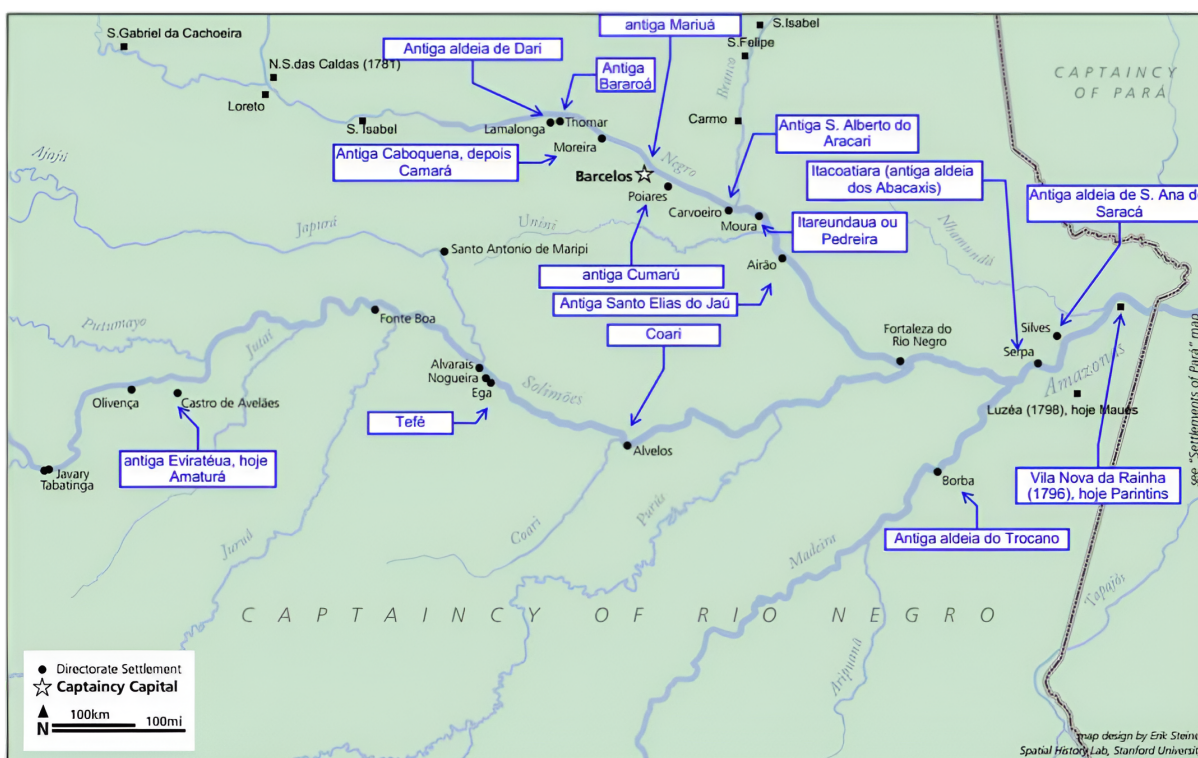
O café, que inicialmente não era cultivado nas capitanias e permaneceu isento de impostos durante seu período de glória heroica, foi posteriormente tributado pela Coroa portuguesa, com preços rigorosamente regulados para sua venda. Esse processo de tributação evidencia a prática

de acumulação por espoliação, uma estratégia colonial que beneficiava as elites europeias ao expropriar recursos das colônias e manter rígido controle sobre suas populações (Darke; Khan, 2021). Conforme discutido por Darke e Khan (2021), esses tributos e políticas restritivas foram implementados para maximizar os lucros da metrópole, reforçando o caráter exploratório das estruturas coloniais e impedindo o desenvolvimento econômico autônomo das colônias (Darke; Khan, 2021).

De forma semelhante, o sistema colonial português fundamentava-se em práticas de expropriação e privatização de terras, que compunham um modelo de “acumulação por espoliação” para consolidar o domínio metropolitano. Esse modelo, como argumenta Perdigão de Castro (2021), privava as colônias de seus recursos, ao mesmo tempo em que justificava essa exploração como necessária para o progresso metropolitano. A tributação do café e as políticas de expropriação, portanto, serviam como instrumentos de controle e exploração, reforçando o desequilíbrio de poder e riqueza entre colônia e metrópole (Castro, 2021).

Em 1755 foi criada a Capitania de São José do Rio Negro por iniciativa do governador Francisco Xavier de Mendonça Furtado, como parte de uma estratégia para facilitar a administração dos vastos territórios do Estado do Grão-Pará (Figura 5). Em um ofício ao Secretário de Estado dos Negócios do Reino, Sebastião José de Carvalho e Melo, Mendonça Furtado (Furtado, 1755) destaca os trabalhos realizados na povoação e a fundação da nova capitania com a fundação de vila a concessão de novos privilégios semelhantes às vilas de Borba e Nova Javari. Ele sugere ao rei que o sangue indígena não seja um impedimento para a obtenção de honras e privilégios, visando facilitar a miscigenação com os europeus. Essa medida reflete a preocupação em promover a integração social e o desenvolvimento da região, estrategicamente localizada nas questões de limites com a América espanhola, correspondente aos atuais estados do Amazonas e Roraima.

Figura 5 – Trecho da Capitania de São José do Rio Negro durante a segunda metade do século XVIII



Fonte: Fonseca (2016, p. 20), adaptado de Hohlfeldt e Grabauska (2010a).

Ressalta-se que, a escravidão dos indígenas no Brasil foi oficialmente proibida em 1755, por meio de uma lei chamada “Lei de 1755”, também conhecida como “Lei Pombalina”. Essa legislação, emitida durante o governo do Marquês de Pombal, proibiu explicitamente a escravização de indígenas no Estado do Grão-Pará e Maranhão. Posteriormente, em 1758, essa proibição foi estendida para todo o Brasil. Apesar da proibição oficial, a exploração indígena continuou de forma não oficial em regiões do Brasil, onde práticas como o Corpo de Trabalhadores no Pará mantinham indígenas em condições semelhantes à escravidão (Ramos, 2004). A legislação ambígua e a falta de fiscalização permitiram que essa exploração persistisse, especialmente na Amazônia, até o final do século XIX (Ramos, 2004).

A Capitania de São José do Rio Negro desempenhou um papel essencial na estrutura administrativa da região amazônica, consolidando uma base mínima de governança e facilitando a organização de seus vastos territórios. Durante o período colonial e nos primeiros anos do Império, a Capitania foi uma unidade estratégica para o controle das fronteiras, especialmente com a criação de medidas administrativas e o estabelecimento de postos de controle. Ela não apenas organizou a fronteira entre os territórios portugueses e espanhóis, mas também fortaleceu

a presença do Estado português na região, conforme discutido por Bastos e Lopes (2015). Além disso, a Capitania foi crucial para a definição das áreas de produção, incluindo aquelas ligadas à cafeicultura, um setor que se beneficiou diretamente dessa estrutura administrativa.

Como argumenta Gregório (2011), os debates sobre a autonomia da Capitania refletiram a necessidade de uma governança mais eficiente e do fortalecimento do controle sobre as fronteiras do Império, aspectos fundamentais para garantir a defesa e o desenvolvimento da região amazônica. Nesse contexto, a organização administrativa da Capitania foi especialmente importante, pois, na época, era difícil determinar as áreas de produção, incluindo as voltadas para o café. A estrutura que se consolidou com a Capitania de São José do Rio Negro contribuiu significativamente para o registro da cafeicultura na Região Amazônica, auxiliando na organização e no controle desse importante setor produtivo.

No dia 11 de maio de 1761, por meio do ofício do Governador da Capitania do Rio Negro, Joaquim de Melo Póvoas, endereçado ao Secretário de Estado da Marinha e Ultramar, Francisco Xavier de Mendonça Furtado, foi tratado a respeito do envio de alguns frutos da capitania, incluindo cacau, café, sumaúma branca, puxirê e cobios (Póvoas, 1761). Portanto, após a criação da Capitania do Rio Negro, essa data marca a primeira produção de café registrada na região do atual Amazonas. Na Figura 6, destacando-se no cabeçalho do documento, encontramos a data relevante, na sétima linha ao centro há a menção específica ao café.

XVIII foi um marco crucial na história do Brasil colonial, ocorrido durante o reinado de D. José I de Portugal. Essa mudança foi motivada por vários fatores, incluindo a localização estratégica da cidade, sua importância econômica e sua conexão com Minas Gerais (Bicalho, 2006).

A alteração da sede do vice-reinado teve impactos na organização territorial e fortaleceu o poder metropolitano sobre a região centro-sul da América portuguesa. A transferência para o Rio de Janeiro reforçou sua posição como centro vital para a monarquia lusa e para a defesa da colônia (Bicalho, 2006). Este deslocamento do centro de poder colonial em relação à linha do Equador também pode ter afetado a distribuição do café na região do Vice-Reino do Brasil, potencialmente influenciando as rotas mercantis e a produção de café na área do atual Amazonas.

No ano de 1767, o Padre João Daniel aproveitou uma oportunidade propícia para enviar aos seus parentes a quinta e sexta parte do “Thesouro descoberto no Máximo Rio Amazonas” (Daniel, 1820). Esse texto, dizia sobre novos métodos para a agricultura, extremamente úteis para o desenvolvimento da povoação, navegação, crescimento e comércio, tanto dos indígenas como dos europeus. O padre deixou claro o papel crucial do café nessas terras amazônicas, incentivando a ocupação destas pelos portugueses e fornecendo informações relevantes para o cultivo.

A planta do Café foge dos alagadiços, e quer terra sêcca, e he huma das mais estimadas plantas pelo muito que carrega, e fructifica logo no segundo, ou terceiro anno. e por isso deve levar huma da primeiras atencões aos lavradores do Amazonas; nem para colher he necessario apanhallo das Arvores, basta conservar-lhe limpo o terrêno, e, de quando em quando, varrer, alimpar do chão as fructas cahidas: e deste modo se fazem com mais facilidade as suas colheitas (Daniel, 1820, p. 66).

Quanto ao tempo necessário para sua produção, existem divergências históricas, o que torna difícil precisar com exatidão. Todavia, ainda persiste a prática da colheita direta do café no chão, apesar de contrariar as boas práticas voltadas para a qualidade do produto. Essa técnica, embora ágil e facilitadora, não é a mais adequada, corroborando o que o clérigo foi claro e assertivo ao afirmar que o café não prospera em solos mal drenados (Daniel, 1820).

O Padre João Daniel (1820) recomendava secar bem as colheitas de produtos como milho, cacau e café, e armazená-las em locais cobertos, como tulhas. Além disso, ele sugeria envolver e/ou cobrir os produtos secos com areia seca durante o armazenamento para protegê-los contra pragas, permitindo assim que fossem conservados por longos períodos. Essas práticas seriam essenciais para garantir a qualidade e durabilidade dos alimentos e cultivos na região.

Francisco Xavier Ribeiro de Sampaio nasceu em 13 de agosto de 1741 na Vila de Mirandela, na comarca de Moncorvo, próxima à fronteira da Galiza, na província de Trás-os-

Montes. Estudou na Universidade de Coimbra de 1757 a 1762, graduando-se na faculdade de Leis. Em março de 1767, foi nomeado juiz de fora e provedor da fazenda real da capitania do Pará, assumindo o cargo em maio do mesmo ano. Serviu nesse posto até novembro de 1772, quando foi designado ouvidor, provedor da fazenda real e intendente da agricultura da capitania do Rio Negro pelo Governador-Geral João Pereira Caldas, assumindo em outubro de 1773 e servindo até outubro de 1779 (Papavero; Chiquieri; Teixeira, 2015).

No lugarejo de Poiaras, em 1773, o Ouvidor, em uma de suas viagens, encontrou o Diretor local, Pedro de Faria Mello e Vasconcellos, reconhecido por sua integridade e dedicação à agricultura, à higiene das casas dos índios e ao crescimento da povoação (Sampaio, 1856). Este Diretor foi pioneiro ao estabelecer um cafezal em benefício da comunidade local. O Ouvidor demonstrou interesse em acompanhar de perto o desenvolvimento dessa iniciativa e avaliar sua replicabilidade em outras localidades (Sampaio, 1856), apesar dos desafios comuns enfrentados, especialmente relacionados à propriedade comunitária .

Pedro de Faria Mello e Vasconcellos desempenhou um papel conciliador entre culturas ao introduzir uma nova prática agrícola baseada nos métodos tradicionais, como o cultivo comunitário. Porém, atualmente, observa-se mudanças significativas nas práticas agrícolas e culturais em várias comunidades tradicionais, como evidenciado por Laskar e Achumi (2022) em relação aos Sumi Nagas, que abandonaram o cultivo coletivo. Essa transformação reflete os desafios e adaptações realizadas ao se incorporar práticas agrícolas em contextos tradicionais, respondendo às dinâmicas sociais e econômicas em constante evolução, resultando em alterações e novas posturas assumidas pelas comunidades e povos originários.

O provedor da fazenda real foi muito objetivo ao informar sobre as vilas e lugares da Capitania que possuíam colheitas de café, efetivamente em produção, conforme demonstrado na Tabela 1. Assim como hoje, onde o café é cultivado há geração de renda. Acaba por refletir algo que ocorre historicamente, visto que na época da colonização a coroa portuguesa se esforçava para cobrar sua parte dos lucros gerados por essa atividade econômica (Sampaio, 1856).

Tabela 1 – Vilas e localidades de colheita de café pelos moradores, da Capitania de São José do Rio Negro: ano de 1775.

VILLAS E LUGARES	PÉS DE CAFFÉ DE Branços	PÉS DE CAFFÉ DE Indígenas
Villa de Barcellos	82.050	2.900
Thomar	56.450	400
Moura	10.800	300
Serpa	700	0
Silves	0	0
Lugar de Alvaraes	550	0
Ayrão	200	120
Carvoeiro	350	0
Poyares	41.400	14.800
Moreira	9.500	400
TOTAL	220.920	

Fonte: Do autor (2024), adaptado de Sampaio (1856).

O ouvidor e intendente-geral Sampaio, em 1775, conta sobre sua viagem iniciada na Vila de Silves em 1774, seguindo pelo Rio Madeira até Tabatinga na atual tríplice fronteira na calha do Rio Solimões. De lá, retornou ao Rio Negro e prosseguiu até aproximadamente a localidade de Lamalonga (Figura 5), hoje município de Barcelos, encerrando sua jornada na vila de mesmo nome do atual município, no ano de 1775 (Sampaio, 1856). Seu diário de viagem é adornado com informações geográficas e hidrográficas da Capitania do Rio Negro, além de detalhes sobre sua história civil, política, os usos e costumes locais, e a diversidade de nações indígenas habitantes, incluindo informações sobre população, agricultura e comércio. Destaca-se as localidades mencionadas onde o café era cultivado e as condições dessas áreas segundo o ouvidor e informações que facilitam a consulta, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Localidades da Capitania do Rio Negro (1774-1775) e como se apresentava a cultura do café.

Referência	Condição da cultura do café	Ano	Parágrafo no Diário
Silves	início	1774	V
Alvares	existe	1774	CIII
Moura	existe	1774	CCCXXIII
Barcelos	existe	1775	CCCXLVII
Moreira	existe	1775	CCCLV
Rio Uarirá	sucesso	1775	CCCLXII
Tomar	sucesso	1775	CCCLXIII

Fonte: Do autor (2024), adaptado de Sampaio (1856).

No dia 12 de agosto de 1775, o Governador e Capitão General do Estado do Pará e Rio Negro, João Pereira Caldas, enviou um ofício ao Secretário de Estado da Marinha e Ultramar, Martinho de Melo e Castro, remetendo os diários da primeira viagem de visita e correição

realizada às povoações da Capitania de São José do Rio Negro nos anos de 1774 e 1775, pelo Ouvidor Geral da mesma Capitania, Francisco Xavier Ribeiro de Sampaio (Caldas, 1775).

O interesse da coroa pela região é evidenciado no ofício do encarregado das demarcações do Rio Negro, o Capitão-General João Pereira Caldas, ao Secretário de Estado da Marinha e Ultramar, Martinho de Melo e Castro (Caldas, 1781), falando sobre a remessa de aves e amostras de arroz e café produzidos pelos moradores locais, demonstrando um interesse real na produção local, conforme evidenciado nos documentos históricos. Porém, é importante observar que o extrativismo também desempenhou um papel significativo na economia amazônica da época.

3.4 Século XIX: Novos rumos e o Amazonas como fundo do quintal

As notícias falsas são conhecidas por se espalharem mais rapidamente e amplamente do que as notícias verdadeiras, desafiando a crença popular de que a veracidade seria um fator limitante na disseminação de informações (Vosoughi; Roy; Aral, 2018). Segundo Leite (1939), que embora aceite a ideia de que a introdução do café no Brasil se deu por Belém, ele traz uma informação menos conhecida: antes de seguir para o Maranhão, o café, “futuro produto brasileiro”, subiu o rio e fez sua aparição no Estado do Amazonas (Leite, 1939).

A invasão de Portugal pelas tropas napoleônicas em 1807, levou à fuga da Família Real para o Brasil, transferindo as instituições imperiais para o Novo Mundo e transformando o Brasil de uma colônia periférica em um centro político e administrativo do Império Português, com impactos substanciais na economia, comércio e cultura brasileira (Hohlfeldt; Grabauska, 2010b). Essa mudança também influenciou a economia, o comércio e a cultura brasileira, enquanto em Portugal desencadeou movimentos de resistência e reformas políticas, como a Revolução Liberal.

Em 1808, com a chegada de D. João e a família real, o Brasil se tornou a sede da monarquia portuguesa por 13 anos. D. João assinou a Carta Régia de Abertura dos Portos às nações amigas em janeiro de 1808, quebrando o monopólio português no comércio brasileiro para atender aos interesses comerciais, especialmente os britânicos. A abertura dos portos resolveu problemas de mercadorias acumuladas nos portos brasileiros durante a Guerra Peninsular. Além disso, em março, Henry Hill foi nomeado como o primeiro Cônsul americano no Brasil, refletindo a crescente integração internacional da colônia (SISCOMEX, 2022).

Apesar da abertura dos portos, a navegação no rio Amazonas permaneceu interdita para navios e embarcações estrangeiras, sendo permitido apenas o livre acesso ao porto de Belém (Neto, 2021). O isolamento histórico entre a Amazônia espanhola e portuguesa, que remonta ao

período colonial e persiste até os dias atuais, resultou em um cenário de isolamento geográfico entre as diferentes regiões amazônicas de cada país (Viana *et al.*, 2014). Durante esse período, os navios atendiam prioritariamente às demandas da Coroa na “cabeça do Estado do Brasil”, enquanto a proibição da navegação de embarcações estrangeiras na bacia amazônica refletia as restrições impostas pelos tratados luso-hispânicos, como o Tratado de Tordesilhas, que buscavam garantir a soberania e o controle sobre as águas da região.

Conforme descrito por Gómez-González (2022), essas proibições, juntamente com os monopólios estabelecidos, foram fundamentais para o controle do comércio e da navegação, mas também impulsionaram o contrabando e o comércio ilegal, atividades que continuaram a florescer nas fronteiras luso-espanholas Gómez-González (2022). Diante disso, o escoamento de produtos agrícolas, como o café, provavelmente enfrentou dificuldades logísticas. Embora não haja uma referência direta para essa afirmação, é razoável inferir que a limitação à navegação e o controle do transporte fluvial teriam impactado a circulação de mercadorias, um aspecto relevante para entender o desenvolvimento econômico da região na época.

Durante a estadia da família real no Rio de Janeiro, em decorrência da necessidade de estabelecer uma infraestrutura adequada para acomodá-los, foram realizadas grandes mudanças na região da Baía de Guanabara. Já no caso da Região Amazônica, esta não foi imediatamente afetada pela presença da Família Real em termos de desenvolvimento, ou mudanças econômicas significativas. Os recursos e a atenção da Coroa foram concentrados no Rio de Janeiro, onde as mudanças mais evidentes e urgentes ocorreram para adaptar a cidade às necessidades da corte portuguesa (Multirio, 2024).

Entre as inúmeras iniciativas realizadas após a chegada da Família Real ao Brasil, destaca-se a fundação da Academia Real Militar em 1810. Anos mais tarde, essa instituição foi dirigida pelo suíço Johann Jacob Steinmann, que não apenas se destacou no campo militar, mas também foi pioneiro na introdução da técnica da litografia no Brasil. Embora tenha durado apenas algumas décadas, a cultura do café deixou marcas profundas na paisagem e na história da região (BND, 2024b; BND, 2024a).

Durante o período de Reino Unido (1815-1822) no Rio de Janeiro, o Brasil foi elevado à condição de “Reino Unido a Portugal e Algarves” em 16 de dezembro de 1815, unindo as três armas de Portugal, Brasil e Algarves sob o mesmo escudo, mantendo a mesma bandeira. Essa medida visava formalizar a representação da monarquia portuguesa no Congresso de Viena, na Áustria, onde o mapa político da Europa estava sendo reorganizado após a derrota de Napoleão

Bonaparte. As concessões liberais e estratégicas buscaram impulsionar o progresso da colônia rica, acalmar os patriotas e fortalecer o domínio português, que enfrentava ameaças e incertezas no final do século XVIII (BRASIL, 2024).

O cultivo do café no Rio de Janeiro teve início no final do século XVIII, e com o crescimento populacional decorrente da chegada da coroa portuguesa, intensificou-se ocupando áreas como a Floresta da Tijuca em suas morrarias (Figura 7), causando danos ambientais e reduzindo os mananciais de abastecimento da cidade. A gravura de F. Salathé, parte do álbum “Souvenirs de Rio de Janeiro”, impresso na Suíça por Johann Jacob Steinmann em 1825, registra esse período (BND, 2024b).

Figura 7 – As plantações de café que avançaram Floresta da Tijuca adentro, 1835



Fonte: Salathé (1835 apud BND, 2024b).

A volta de D. João a Portugal em 1821 foi motivada pela Revolução do Porto de 1820 (Liberal) e pela convocação das Cortes, que desejava o retorno da família real e da Corte portuguesa à Europa. Os acontecimentos na metrópole após a expulsão dos franceses e a dependência em relação às decisões tomadas no Brasil geraram descontentamento (Cardoso,

2022a).

A Revolução de 1820 intensificou os pedidos pelo retorno da Família Real. Enquanto alguns viam a revolução como regeneração, outros debatiam se o monarca deveria voltar. A chegada de D. João foi celebrada como um novo vigor para Portugal. A correspondência entre D. João e D. Pedro, com reflexões políticas e conselhos, assumiu interesse público, e refletia as tensões sobre o futuro da relação entre Portugal e o Brasil. As discussões sobre a monarquia constitucional continuaram até a independência, com esforços do monarca em conciliar os ânimos e atender às demandas da metrópole e da colônia (Cardoso, 2022a).

Durante o período em que a corte portuguesa permaneceu no Brasil, ocorreram eventos cruciais na história do país, sendo um deles em 1822, quando o Brasil teve sua independência proclamada, tornando-se uma nação soberana e estabelecendo o Império do Brasil, com Dom Pedro I como seu primeiro imperador. A pressão interna e as tensões políticas entre os dois reinos, somadas às crescentes reivindicações por autonomia, tornaram a independência inevitável. Posteriormente, em 7 de abril de 1831, Dom Pedro I abdicou do trono e retornou a Portugal, deixando o governo nas mãos de seu filho, o futuro imperador Dom Pedro II. Esses eventos foram decisivos para o curso político tanto do Brasil quanto de Portugal (Gomes, 2022). A Figura 8 aborda as Guerras Liberais, refletindo sobre a postura da realeza portuguesa e sua busca incessante pelo poder, pelo poder para o próprio poder (Gomes, 2022).

Figura 8 – Ksssse! Pedro - Ksssse! Ksssse! Miguel!



Fonte: Daumier (1999).

A presença da corte no Brasil, ao se concentrar na capital, também gerou uma desconexão com as regiões periféricas, como a Amazônia, que careciam de investimentos e infraestrutura para seu pleno desenvolvimento. A escassez de investimentos no norte do Brasil refletia a priorização de outras áreas, como o litoral, que estavam mais diretamente envolvidas com as questões econômicas e políticas do Império. Isso é evidenciado pela forma como as intervenções militares e as políticas de colonização na região ocorreram com atraso e em um ritmo mais lento do que em outras partes do território brasileiro, um ponto abordado por Rodrigues (2022) na análise do Estado Imperial e sua ocupação da Amazônia (Rodrigues, 2022).

Sobre a Vila de Silves no Amazonas, o botânico João Barbosa Rodrigues (Sá, 2001) menciona em seu livro “Exploração dos rios Urubú e Jatapú” (Rodrigues, 1875) que em 1829 havia 18.900 pés de café, cujas últimas plantações foram feitas em 1774, corroborando as observações do ouvidor Sampaio sobre a presença e potencial de produção de café em Silves. Contudo, o botânico relata a decadência da vila, descrevendo-a como um lugar em estado ruinoso e enfrentando diversas dificuldades.

Segundo Rodrigues (1875), localizada em uma área pitoresca, a vila apresenta casas em ruínas, falta de comércio e uma considerável diminuição em sua população. A indústria extrativa da borracha, que outrora impulsionava a economia local, contribuiu para o êxodo de muitos habitantes, deixando a vila sem atividades econômicas sustentáveis. Anteriormente, a localidade exportava diversos produtos, como peixe, farinha, breu, arroz, algodão, fumo, cacau e café, mas atualmente essas atividades estão praticamente extintas. O autor também destaca a falta de educação, o predomínio de superstições e o fanatismo entre os moradores Rodrigues (1875). Apesar das adversidades, ele busca apresentar a realidade da vila de maneira honesta, sem recorrer a um retrato idealizado para atrair a atenção do governo ou de outras entidades externas Rodrigues (1875).

Vinte e oito anos após a Independência, em 5 de setembro de 1850, o Amazonas alcançou um marco crucial em sua história, ao ser elevado à categoria de província pela Lei nº 582 (BRASIL, 1850c). Esse momento se insere em um período de profundas transformações que repercutem em todo o Império do Brasil, refletindo tanto desafios internos quanto pressões externas. A região, ainda em processo de consolidação, estava sob ameaças iminentes de invasão, com a Inglaterra e a França buscando expandir suas colônias na Guiana Inglesa e Francesa até as margens do Rio Amazonas.

O delineamento das fronteiras amazônicas continuava em debate, enquanto os Estados Unidos exerciam forte pressão pela abertura da navegação no Rio Amazonas para navios estrangeiros, uma demanda que o governo brasileiro rejeitava de maneira enfática Rosi (2010). Essa postura de resistência brasileira estava enraizada em uma desconfiança crescente em relação às intenções dos norte-americanos, temendo que a abertura do Amazonas à navegação internacional resultasse em uma maior intervenção estrangeira na região. A soberania sobre o Amazonas, com sua vasta bacia e recursos naturais, era um ponto central nas disputas geopolíticas da época.

Assim, a questão da navegação no Amazonas emergiu como um tema de tensão nas relações bilaterais, especialmente entre o Brasil e os Estados Unidos. O governo brasileiro, firme em sua postura de proteção da soberania nacional, buscava garantir o controle sobre suas águas e os recursos naturais da região, resistindo a pressões internacionais Gómez-González (2022). O processo de negociação em torno da abertura do Amazonas refletiu as complexas dinâmicas de poder e a necessidade do Brasil de equilibrar os interesses internos e as demandas externas, com implicações de longo alcance para a geopolítica regional (Rodrigues, 1875).

O Decreto nº 746, emitido em 21 de dezembro de 1850, concedeu a Roberto João Ripper

de Castro um privilégio exclusivo por dez anos para fabricar e comercializar uma máquina inovadora de sua própria autoria, destinada ao beneficiamento do café (BRASIL, 1850a). Operada por apenas dois homens, essa máquina era capaz de descascar, ventilar e brunir oitenta arrobas de café em apenas dez horas, representando um avanço significativo na indústria cafeeira da época. A concessão desse privilégio refletiu a importância atribuída ao progresso tecnológico no setor, respaldada por decisões imperiais e consultas do Conselho de Estado conforme estipulado pela Lei de 28 de agosto de 1830 (BRASIL, 1830).

Esse avanço na cafeicultura, primordialmente no Sudeste, evidenciou o compromisso com a inovação e a eficiência na produção (BRASIL, 1850b). Essas medidas refletiram também a preocupação com a otimização da pós-colheita e do beneficiamento do café, visando à redução da dependência da mão de obra. É bastante provável que essa tecnologia não tenha alcançado a Região Amazônica na época.

O Decreto nº 3.920, de 31 de julho de 1867, que reestruturou o sistema alfandegário fluvial na Amazônia e regulamentou a abertura do rio Amazonas “aos navios mercantes de todas as nações” (BRASIL, 1867), reflete uma tentativa de integrar a Região Amazônica ao comércio internacional. Todavia, apesar dessa medida de abertura, o Amazonas ainda enfrenta desafios significativos de desenvolvimento humano, com índices de IDH abaixo da média nacional brasileira (Rodrigues; Silva, 2023). Essa situação destaca a complexidade de proteger e promover as riquezas amazônicas, considerando que o isolamento geográfico por si só não se mostrou eficaz para impulsionar o desenvolvimento socioeconômico.

Em analogia com outras bacias hidrográficas ao redor do mundo, ilustram a importância histórica do desenvolvimento econômico associado à abertura de vias navegáveis. O sistema econômico global das bacias hidrográficas demonstra uma interação crucial entre abertura e desenvolvimento sustentável, que envolve combinações de abertura independente, inovação, coordenação, adaptação e compartilhamento de recursos. Esse modelo pode fornecer à Bacia do Rio Amarelo, por exemplo, valiosas lições para a realização de projetos sustentáveis de alta qualidade (Liu; Xu; Wang, 2020). Essas reflexões ressaltam a necessidade de estratégias multifacetadas que vão além da abertura de vias fluviais, abordando os desafios específicos de desenvolvimento socioeconômico e ambiental na região amazônica.

A internacionalização do Rio Amazonas tem sido discutida ao longo de séculos, e em 2023, o projeto Manta-Manaus ganhou novo fôlego. Este projeto visa estabelecer uma rota logística alternativa entre Manta, Equador, e Manaus, reduzindo o tempo de trânsito das

mercadorias em até 15 dias e promovendo a integração entre o Oceano Pacífico e o Oceano Atlântico por meio de um modelo multimodal. Para viabilizar essa rota, é crucial melhorar as condições alfandegárias, tornando o corredor economicamente viável com acesso ao Pacífico (SUFRAMA, 2023). Devido à importância estratégica da região amazônica, principalmente por alterar a logística de exportações, o projeto enfrenta diversos entraves devido a interesses nacionais e internacionais ao longo de décadas de discussão.

Na análise de Wilson e Bayón (2017), em seu artigo “Fantastical Materializations: Interoceanic Infrastructures in the Ecuadorian Amazon”, são discutidas a trajetória do projeto, suas falhas e sua reorientação para atender a interesses relacionados ao petróleo, evidenciando a desconexão entre as expectativas iniciais e a realidade vivenciada pela população local.

Ao longo dos séculos, tem sido observado que as visões sobre a Região Amazônica muitas vezes são distorcidas ou influenciadas por interesses econômicos, o que pode prejudicar a compreensão plena dos desafios e das dinâmicas locais. O Brasil, como um país jovem, também está em processo de construção de sua história, assim como outras nações que experimentaram os sonhos das grandes navegações e se desenvolveram a partir dessas materializações fantásticas do desenvolvimento. Este país infante em desenvolvimento não deve ser privado desse direito de crescer e moldar seu próprio caminho.

Costa (2019) indica que a produção de café para exportação na Amazônia cessou em 1870, tornando-se progressivamente desafiador obter dados precisos sobre a produção cafeeira no Amazonas. Essa lacuna pode ser atribuída às transformações nos interesses econômicos regionais ao longo do tempo, bem como às circunstâncias naturais e sociais singulares da Amazônia. A transição para atividades econômicas como o extrativismo da borracha pode ter reduzido o foco na cafeeira, levando ao declínio da produção e ao esquecimento histórico desse cultivo na região.

Adicionalmente, a escassez de dados sobre a produção de café na região amazônica pode ser atribuída à falta de políticas específicas para promover e incentivar essa atividade econômica. A ausência de apoio governamental adequado provavelmente levou à negligência da cafeeira em favor de outras atividades consideradas mais lucrativas ou estratégicas para o desenvolvimento regional. Além disso, as extensas rotas fluviais na Amazônia facilitavam a logística e proporcionavam acesso a mercados internacionais, como indicado na Figura 9, que mapeia as rotas de navios a vapor, os quais possuíam capacidade de transporte significativa.

Figura 9 – Rotas de navios a vapor na Amazônia



Fonte: Fonseca (2016), adaptado de Albuquerque (1894).

Mesmo diante da falta de políticas específicas para a agricultura, as comunidades locais continuavam a existir e a demandar soluções para suas necessidades econômicas. É possível que tenham recorrido ao comércio internacional clandestino de produtos, incluindo o café, aproveitando rotas alternativas como o Canal Casiquiare. Esse canal, que conecta os rios Orinoco e Amazonas (Barros; Padula; Severo, 2011), proporciona uma rota direta para o Oceano Atlântico, evitando o Delta do Amazonas próximo a Belém, onde a fiscalização era mais intensa e restritiva.

Na Assembleia Provincial do Amazonas, ocorrida em 16 de abril de 1875, evidenciou-se um interesse premente em enfrentar os desafios crescentes que as culturas agrícolas encaram devido aos encargos já superiores à receita da província (Jornal do Amazonas, 1875b). Esta discussão não apenas visava proteger as produções agrícolas, mas também as indústrias que dependiam de recursos naturais, ressaltando a importância das pessoas e dos emigrantes como “forças vivas” essenciais para a produtividade econômica, demandando apoio e assistência apropriados para sua fixação. O comprometimento do Amazonas com o princípio fundamental de aproveitamento de suas riquezas reflete esta província como “motor mais poderoso do moderno progresso” (Jornal do Amazonas, 1875b).

Na mesma matéria, é discutida a análise dos prazos de retorno para culturas como o café,

que demandam até cinco anos para a primeira colheita, desafiando visões tradicionais, como a do padre João Daniel no século XVIII, sobre os prazos necessários para a produção do café.

É evidente que, para honrar os pagamentos de empréstimos destinados ao plantio, é fundamental primeiro produzir e colher, uma lógica que parece não ter sido devidamente considerada como política de incentivo à agricultura. Essa análise encontra respaldo no trabalho de Schwartz, Gregory e Thévenin (2011), que revela como o impacto da expansão ferroviária na França durante o longo século XIX estimulou novas oportunidades econômicas, revitalizando comunidades rurais e reduzindo as taxas de emigração, diminuindo gradualmente as disparidades econômicas regionais. O texto do *Jornal do Amazonas* (1875b) destaca aspectos cruciais que contribuem para a produção agrícola e industrial, apesar das inúmeras dificuldades logísticas que ainda persistem na região, ilustrando a contínua complexidade do desenvolvimento econômico nessa área.

Em 16 de julho de 1875, a Recebedoria Provincial do Amazonas publicou no *Jornal do Amazonas* (1875c) a “Pauta dos gêneros sujeitos a impostos Provinciais”, destacando que, segundo a Lei nº 227 de 20 de maio de 1872, os produtos locais como algodão, café, arroz, farinha, feijão, milho, tabaco, açúcar, mel e aguardente de cana estavam isentos de tributos provinciais e municipais. Contudo, em 14 de outubro de 1875, o Governo da Província do Amazonas publicou o Regulamento nº 29 de 30 de setembro de 1875, que incluiu o café na categoria tributável no Modelo B para gêneros exportados (*Jornal do Amazonas*, 1875d), o que pode evidenciar uma diferenciação na política fiscal entre exportação e consumo interno.

Esse contexto pode ajudar a explicar a observação de Costa (2019) sobre a extinção das exportações de café, na região, indicando que o mercado interno da província era mais vantajoso na época. É importante ressaltar que, provavelmente, devido à isenção de impostos, a província não mantinha registros precisos da produção de café. Essa situação parece persistir ao longo das décadas, como observado na Figura 10, refletindo uma ausência de registros históricos oficiais sobre a produção de café pelo governo do Amazonas.

Figura 10 – Valor oficial da produção agrícola do Brasil no quinquênio de 1880 a 1885

PROVINCIAS	TOTAL	QUALIDADE DOS PRINCIPAES PRODUCTOS	PRODUCTO PREDOMINANTE
Amazonas.....	1.131:276\$960	Cacão e guaraná.....	Cacão.
Pará.....	90.014:091\$111	Borracha, cacão, baunilha, sernamby, guaraná, oleos diversos, etc.....	Borracha.
Maranhão.....	17.604:550\$840	Algodão, assucar, aguardente, arroz, farinha, oleos e madeiras.....	Algodão.
Parahyba.....	13.843:790\$393	Algodão, assucar, borracha e cabelo de boi.....	Algodão.
Pernambuco.....	106.020:238\$090	Assucar, algodão, aguardente, legumes e cereaes.....	Assucar.
Alagoas.....	31.074:117\$102	Algodão, assucar, arroz, aguardente, oleos, borracha, café, farinha, feijão, milho e madeiras.....	Assucar.
Bahia.....	82.731:537\$220	Algodão, aguardente, assucar, fumo, azeites e oleos, cacão, café, farinha e cocos.....	Fumo.
Sergipe.....	32.821:550\$758	Assucar, algodão, aguardente, arroz, couros seccos, oleos e azeites, cocos, farinha e milho.....	Assucar.
Espirito-Santo.....	6.209:815\$302	Café, assucar, aguardente, algodão, feijão, milho, arroz, farinha e madeiras.....	Café.
Minas-Geraes.....	142.400:375\$665	Café, feijão, algodão, arroz, farinha, milho, aguardente e fumo.....	Café.
S. Paulo.....	210.525:071\$575	Café, algodão, fumo, assucar, toucinho, arroz e couros.....	Café.
Paraná.....	267:480\$281		
Santa Catharina.....	9.689:751\$201	Farinha de mandioca, couros, tapioca, madeiras e aguardente.....	Farinha.
Rio-Grande do Sul.....	69.451:380\$877	Gado vaccum e seus preparados, cereaes, legumes herva-matte, fumo, madeiras, vinhos e frutas.....	Gado vaccum.
Matto-Grosso.....	2.503:921\$160	Ipecacuanha, gado vaccum e seus preparados.....	Gado vaccum.
Goyaz.....	491.040:343\$791	Café, assucar, aguardente, farinha, fumo, hervas medicinaes, madeiras e couros.....	Café.
Município neutro e Rio de Janeiro...			
	1.306.102:574\$434		

N. B — Os valores marcados com o signal * representam sómente direitos arrecadados, ou valores parciaes conhecidos.

Fonte: O Auxiliador da Indústria Nacional (1886).

No Noticiário Jornal do Amazonas (1875a), é lembrado que o ex-presidente Passos Miranda, ao assumir a província, destacou a discrepância entre a facilidade de extração dos recursos naturais e os desafios dispendiosos da atividade agrícola, evidenciando a necessidade de empréstimos para quem desejasse iniciar esse empreendimento. Em decorrência dessas observações, surge a “Associação Agrícola Amazonense”, uma iniciativa em gestação com o propósito de estabelecer uma fazenda modelo nas proximidades de Manaus para cultivar café e

outras plantas de alto valor comercial. Esta iniciativa foi apresentada ao atual administrador da fazenda, o cearense senhor Nogueira, prático, mas com pouca experiência em assuntos agrícolas, segundo o informante ao referido jornal.

A província do Amazonas é incentivada (O Auxiliador da Industria Nacional, 1878) a expandir a produção de borracha de seringueira, óleos e outras plantas devido ao potencial econômico desses recursos naturais, como diversificação à cana e ao café. Estavam promovendo incentivos técnicos para impulsionar essas atividades agrícolas e industriais como uma estratégia para diversificar a economia regional. A produção desses produtos pode atender à crescente demanda internacional por borracha e óleos vegetais, aumentando a renda e estimulando o desenvolvimento econômico da região. Cabe destacar que este texto está em um jornal carioca muito distante da realidade amazônica e que provavelmente observa apenas os números publicados.

O livro “O país das amazonas” (Nery, 2018) é descrito como uma obra “para francês ver”, criada para chamar a atenção para a região amazônica e seu potencial comercial. Publicado pela primeira vez em 1848 e reeditado em 1889, o livro adota um caráter propagandista que se vale de mitos e histórias heroicas, algo comum na introdução do café na região. Apesar disso, ele contém informações valiosas, como referências a Moreira, possivelmente o local do primeiro cultivo em sistema agroflorestal (SAF) no Amazonas, onde, pelo autor, os cafeicultores costumavam proteger os pés de café à sombra dos ingazeiros (*Inga dulcis*). Além disso, o livro também retrata o declínio da produção agrícola, evidenciado pelo contraste entre a expansão das exportações de borracha e produtos florestais e a queda acentuada na exportação de produtos agrícolas, conforme detalhado abaixo (Tabela 3):

Tabela 3 – O declínio da produção agrícola no período de 1829 a 1896.

Ano	Quantidade (em arrobas)
1829-1830	6.200 arrobas
1859-1860	270 arrobas
1869-1870	34 arrobas
1895-1896	Não consta produção

Fonte: Do autor (2024), adaptado de Nery (2018).

Na petição, com data de publicação de 14 de dezembro de 1894, Antônio Reges dos Santos, um cidadão brasileiro natural do Estado do Amazonas e residente em Paniucuã, no município de Borba, distrito das Araras, às margens do rio Madeira, solicita ao governador a compra direta do local Paniucuã, dispensando a necessidade de leilão público (DOA, 1894). Este local é sua residência principal, onde cultivava roças de mandioca, árvores frutíferas e, de forma

notável, plantações de café. Embora não se tenha certeza se Antônio Reges foi um dos primeiros produtores de café na região, é significativo ressaltar que ele é o primeiro registro conhecido de um habitante do Amazonas com plantações de café, sem ser membro do governo ou do clero.

Um aspecto crucial que permeia essa narrativa é a escassez de informações e estatísticas precisas sobre a produção e a economia da Amazônia naquele período. A falta de dados robustos e a dependência excessiva da borracha como indicador econômico obscurecem outras realidades e potenciais econômicos na região (Veríssimo, 1895).

Na Amazônia, como por todo o Brasil, a estatística não sae da sua enfezada infância; é pobre, deficiente e mal feita. Sob a hypnose da borracha, as estatísticas officiaes só quasi desse producto se occupam, e os documentos que mais obrigação tinham de informar miudamente sobre os demais elementos da riqueza da região, não trazem sinão escassos e imperfeitos dados (Veríssimo, 1895).

Além disso, o amor do povo pela terra e sua conexão profunda com o ambiente natural não foram suficientes para superar os desafios tecnológicos e a falta de incentivos governamentais, segundo Veríssimo (1895). A capacidade limitada de utilizar tecnologias modernas para aumentar a produtividade agrícola potencialmente resultaria em práticas tradicionais e pouco eficientes, dificultando o progresso econômico e a prosperidade da região.

A cafeicultura, apesar de sua viabilidade na região, foi eclipsada pela busca desenfreada pela borracha, que se tornou o foco principal de desenvolvimento econômico. Isso reflete não apenas a influência de interesses econômicos imediatos (extrativismo), mas também uma falta de visão estratégica para diversificar a produção e explorar plenamente o potencial agrícola da Amazônia. A influência do café na história do Brasil foi como tinta, delineando os contornos do tempo, como descreveu Coelho Neto. Porém, a história do Amazonas escrita com tinta do café teve muitos trechos apagados pela borracha.

3.5 Século XX: Costumes enraizados e café: Desafios e Potencialidades

O governo sempre busca estar presente em setores de interesse econômico, como no caso do café. O Departamento Nacional do Café (DNC), criado em 1933 e extinto em 1946, foi criado pelo Decreto nº 22.452, de 10 de fevereiro de 1933 (BRASIL, 1933), e esteve subordinado ao Ministério da Fazenda. Suas atribuições incluíam dirigir e superintender os negócios do café, arrecadar e dispor das quantias arrecadadas para melhorar a produção, unificar medidas de defesa econômica nos estados cafeicultores, reprimir fraudes e adulterações, fiscalizar institutos e associações do café, promover a divulgação do processo de torração e moagem do

café, e regularizar o embarque e transporte pelas estradas de ferro do país. Essa intervenção governamental refletia a importância estratégica do café para a economia nacional durante aquele período histórico.

O Decreto-Lei nº 1.245, de 4 de maio de 1939, promulgado pelo presidente Getúlio Vargas, estabeleceu a criação do Instituto Agrônomo do Norte (IAN), vinculado ao Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1939b). Com sede em Belém, no Pará, o instituto foi autorizado a adquirir terras para sua instalação por meio do “Plano Especial de Obras e Defesa Nacional”, conforme o Decreto nº 1.059, de 19 de janeiro de 1939, e previu a utilização de uma verba específica para o exercício em curso (BRASIL, 1939a).

O IAN tinha como propósito principal realizar pesquisas e experimentos sobre os fatores da produção agrícola na região, visando ao desenvolvimento agrônomo, ao melhoramento, à defesa e ao aproveitamento econômico das plantas cultivadas e silvestres. Além disso, administrava o Herbário IAN fundado em 1945, que atualmente está sob responsabilidade da Embrapa Amazônia Oriental (ORIENTAL, 2024), contava com órgãos como a Coordenação Experimental e a Comissão de Seminários. Seu programa de pesquisas priorizava a resolução dos problemas agrícolas regionais e a execução de trabalhos experimentais e projetos de pesquisa para o desenvolvimento da região (IAN, 1962).

O Instituto Brasileiro do Café (IBC) foi estabelecido pela Lei n. 1.779, de 22 de dezembro de 1952, como uma entidade autárquica vinculada ao Ministério da Fazenda (BRASIL, 1952). Ele assumiu o acervo e o pessoal do extinto Departamento Nacional do Café (DNC), incluindo seus ativos, direitos, obrigações, bens móveis e imóveis, documentos e papéis do arquivo.

Em 22 de julho de 1960, a Lei n. 3.782 transferiu o Instituto para o Ministério da Indústria e do Comércio. Posteriormente, em 26 de junho de 1967, o decreto n. 60.900 vinculou o IBC ao Ministério da Indústria e Comércio (BRASIL, 1967). Suas responsabilidades incluíam implementar a política nacional do café, fornecer assistência técnica e econômica aos cafeicultores e regular a comercialização do café (BRASIL, 1960).

O senador Cunha Mello enfatizou, em audiência no Senado Federal, a disparidade no tratamento dado ao Amazonas em relação ao café, apontando que o preço da saca de café na região é significativamente mais alto do que no restante do país, o que contribui para escassez e prejuízos à população (Senado, 1959c, p. 26). Ele mencionou, ainda, a respeito de um telegrama da Assembleia Legislativa do Amazonas que clamava por intervenção para resolver essa situação,

destacando a importância econômica do café na região. O senador fez um apelo às autoridades nacionais para garantir um tratamento mais equitativo ao Amazonas em relação ao fornecimento de café, que é vital para a subsistência das populações locais.

O Senador Mourão Vieira fez um discurso no senado no qual abordou a questão da falta de café na região do Amazonas, salientando a disparidade entre as remessas de café para o Amazonas e outros estados do Norte, como Pará, Acre e Rondônia, sugerindo que o café enviado para o Amazonas não estava sendo distribuído adequadamente no mercado local (Senado, 1959b). Com intuito de comprovar o que falava, o senador apresentou dados estatísticos para argumentar que não houve contrabando de café na região amazônica e questionou a atuação do Instituto Brasileiro do Café (IBC) na distribuição do produto (Senado, 1959a). A leitura indica que a intervenção do IBC na distribuição do café pode ter desencadeado problemas, como escassez e desabastecimento, suscitando debates e controvérsias sobre a eficácia das políticas adotadas pelo instituto. Para solucionar a falta de gestão, o órgão chegou a enviar “café por avião”. Ele propôs um requerimento para obter informações detalhadas sobre as remessas de café, margem de lucro estabelecida para torrefação, firmas beneficiadas, ação dos órgãos de fiscalização e outros aspectos relacionados ao café no Amazonas. O discurso refletiu a preocupação com a falta de café na região e a necessidade de esclarecimentos sobre a gestão do café pelo IBC.

Na sequência, o senador Fernandes Távora fez importantes observações sobre os desafios técnicos enfrentados na cultura do café na Bacia do Rio Juruá em 1959, desafios esses que ainda são relevantes na cafeicultura do Amazonas até os dias atuais (Senado, 1959a, p. 471).

A região do Juruá enfrentava desafios únicos devido à característica dos cafeeiros que florescem e frutificam simultaneamente. Estudos sobre a fenologia e crescimento, e sobre o efeito hídrico na maturação do cafeeiro, destacam como esses fatores influenciam o padrão de crescimento das plantas, dificultando a colheita e potencialmente afetando a qualidade e o rendimento do café (Rodríguez *et al.*, 2011; Aparecido *et al.*, 2018). Essa particularidade requer técnicas especiais de manejo e colheita para lidar com a diversidade de estágios de desenvolvimento das plantas e otimizar a produção na região.

Destaca também a diversidade de estágios de crescimento dos cafezais, na região, bem como a necessidade de adoção de técnicas especiais de colheita, hoje uma das soluções é a mecanização que ainda é estudada, conforme sugerido por (Souza *et al.*, 2020). Além disso, para superar esses desafios, sempre foi fundamental que os produtores recebam investimentos e assistência técnica adequada. Isso inclui apoio financeiro para implementar técnicas de colheita

eficientes e promover melhorias na infraestrutura de transporte, visando garantir o escoamento oportuno e a qualidade do café produzido na região ainda se fazem necessárias, conforme indicado por (Cassia *et al.*, 2013), sobre colheita mais eficiente.

Durante a Conferência Internacional do Café em 1958, o IBC hospedou a Comissão Preparatória da Organização Internacional do Café (CP/OIC), sediada no Rio de Janeiro com suporte do IBC de 1958 a 1962, quando foi encerrada. A Organização Internacional do Café foi oficialmente estabelecida em 28 de setembro de 1963, com sede em Londres. Em 15 de março de 1990, a Medida Provisória nº 151, regulamentada pela Lei nº 8.029 de 12 de abril de 1990 e pelo Decreto n. 99.240 de 7 de março de 1990 (BRASIL, 1990b), resultou na extinção do IBC (BRASIL, 1990a).

Destaque-se a preocupação com os aspectos agroeconômicos, contida no discurso à Assembléia Legislativa, apresentada pelo Governador do Estado do Amazonas, Gilberto Mestrinho de Medeiros Raposo, por ocasião da abertura da Sessão Legislativa de 1960 (DOA, 1960).

Quero um Amazonas verde, não o verde triste da mata imensa, o verde monótono da floresta inaproveitada, mas um verde pintado pela mão do homem que lava e semeia a terra, que faz crescer a riqueza e torna os povos economicamente fortes. [...] Construamos a nossa grandeza e leguemos aos nossos filhos o amor à gleba verde, o entusiasmo pelo futuro, a consciência de suas riquezas e a confiança de que ocuparemos lugar proeminente na história dos povos (DOA, 1960).

O governador abordou seus projetos no setor agrícola, destacando o incentivo à Colônia Agrícola Japonesa, localizada na atual AM-010, e à Colônia Federal Água Fria, hoje conhecida como Cacaú Pirêra, além da instalação de uma nova colônia em Humaitá. Ele também mencionou a doação de mudas de café, enfatizando a demanda existente na época (DOA, 1960). Vale ressaltar que essa política de doação de mudas continua em vigor no Amazonas até os dias atuais, como informado pela Amazonas (2024).

A Companhia de Abastecimento Alimentar do Amazonas S. A. - Alimentamazon, em seu relatório de diretoria referente ao ano de 1960, divulgado em 15 de março de 1961 (DOA, 1961), lamenta não ter conseguido intervir na crise do café, apesar de ter tentado antecipadamente adquirir um estoque suficiente para enfrentar uma eventual escassez de 2 a 3 meses. No entanto, suas tentativas foram frustradas pelo escritório do IBC em Manaus, que negou a venda de café em grão na cidade, alegando restrições à comercialização da rubiácea. Como as autarquias SAPS, COAP e Alimentamazon atuavam apenas na capital e não possuíam moinhos, ficaram impossibilitadas de adquirir o produto em grãos (DOA, 1961). A situação pode evidenciar a

realização das previsões dos senadores em 1959, com a crise, e o papel do IBC em contribuir para esse cenário.

O Instituto Agrônomo do Norte (IAN) conduzia suas atividades em várias estações experimentais espalhadas por diferentes regiões da Amazônia. Essas instalações incluíam a Estação Experimental de Belém - PA, a Estação Experimental de Manaus - AM e as Subestações Experimentais de Porto Velho - RO, Pedreiras - MA, Mazagão - AP, Tefé - AM e Maicuru - PA, distribuídas nos estados, que são localizadas e apresentadas na Figura 11.

Figura 11 – Localidades de atuação do IAN (1962)



Fonte: Do autor (2024), adaptado de IAN (1962).

Nessas unidades, o IAN se dedicava ao estudo de diversas culturas agrícolas, como juta, pimenta-do-reino, seringueira, dendê, castanha-do-pará, malva, soja, feijão, milho, arroz, cana-de-açúcar, mandioca, cacau, camarú, algodão e uma variedade de fruteiras regionais, incluindo cupuaçu, bacuri, muruci, açaí, pupunha, bacaba, tucumã, entre outras. Além disso, realizava pesquisas sobre culturas não regionais (Figura 11), como abacaxi, citros, coqueiro, abacate, entre outras (IAN, 1962). É relevante observar que o café não é mencionado no documento, apesar de sua produção no Estado do Amazonas. Isso evidencia uma lacuna no desenvolvimento e na pesquisa agrícola local, que não acompanhou a demanda por essa cultura, resultando em desabastecimento do Estado em relação ao café.

Em 21 de julho de 1964, a delegacia do IBC no Amazonas emitiu um comunicado e duas portarias, sob a intervenção do Tenente-Coronel Hélio Canini. A Portaria nº 7 (p. 2) cancelou as quotas de café atribuídas ao “Moinho Ouro” (AMAZONAS, 1964), enquanto a Portaria nº 8 anulou a cota destinada à firma “Alcides de Azevedo & Cia.” (AMAZONAS, 1964). Embora o contexto histórico da atuação do IBC seja complexo, destaca-se sua ênfase no controle da comercialização no Amazonas. Todavia, é importante ressaltar que o IBC também se envolvia em atividades de pesquisa e extensão em outras regiões, como Minas Gerais e Espírito Santo, que hoje são grandes produtores de café.

No expediente do dia 5 de novembro de 1965, a Secretaria de Fazenda publicou um decreto em que o Presidente da Assembleia Legislativa, no exercício do cargo de Governador do Estado, designou uma Comissão de Inquérito Administrativo para investigar irregularidades praticadas por funcionários da Secretaria de Economia e Finanças. A comissão, composta por membros como o Dr. Eros Pereira da Silva, Subprocurador Fiscal da Procuradoria Fiscal da Fazenda, Garcitylzo do Lago Silva, Professor de Física, Química e Ciências Naturais do Instituto de Educação do Amazonas, e Walter Barbosa dos Reis, Oficial de Fazenda da Secretaria de Fazenda, presidida pelo primeiro, teve como objetivo apurar a participação desses funcionários em atividades de contrabando de café, conforme Inquérito Policial instaurado na Delegacia Especializada de Segurança Política e Social do Departamento Estadual de Segurança Pública (AMAZONAS, 1965).

As restrições de cotas para as torrefadoras e a escassez de café no mercado amazonense impulsionaram o aumento da demanda, despertando interesse de outras organizações para viabilizar e atender às necessidades do mercado. Aparentemente, neste período, no Amazonas, não houve incentivo à produção de café por parte dos órgãos federais, mas sim tentativas de controle do mercado (AMAZONAS, 1965).

Em “A Crítica”, de 4 de maio de 1968, é relatado que o navio Cidade de Manaus chegou para abastecer os estabelecimentos da cidade. A matéria destaca a chegada do navio Cidade de Manaus vindo de Belém, trazendo 20 mil sacas de café para abastecer os estabelecimentos da cidade de Itacoatiara - AM, uma região que outrora havia sido exportadora de café. Essa chegada amenizou a crise do café, que havia levado a população a enfrentar filas para adquirir o produto nos pontos de venda (A Crítica, 1968).

Em outra edição de “A Crítica”, de 4 de março de 1971, descreve-se a formação de longas filas e a escassez de café em Manaus, prejudicando a população local (Figura 12). A falta do

produto, que desapareceu das prateleiras, confirmou as preocupações dos senadores de 1959, evidenciando que nem o Instituto Brasileiro do Café (IBC), tampouco o Instituto Agrônômico do Norte (IAN) conseguiram evitar essa crise no Amazonas. Aproximadamente duas mil pessoas se aglomeraram na frente do Moinho Amazonas, na Avenida Joaquim Nabuco, para comprar café. As filas se estendiam pela Avenida Joaquim Nabuco, dividindo-se em dois sentidos: Rua Quintino Bocaiúva e Rua dos Andradas (A Crítica, 1971).

Figura 12 – Crise do abastecimento de café em Manaus - AM em A Crítica (1971)



Fonte: A Crítica (1971).

O proprietário do Moinho Amazonas, Senhor Ermindo, ao comentar sobre a falta e venda do café, declarou: “Estamos vendendo hoje 4.500 quilos e esperamos que amanhã, quinta-feira, não tenhamos mais estoque. O café dificilmente dará para atender as pessoas que estão nas filas desde o meio-dia”. A venda estava limitada a um quilo por pessoa, distribuído pelo Café Vitória, conforme afirmou Ermindo, gerente e proprietário do moinho (A Crítica, 1971).

No final da fila, na Rua Quintino Bocaiúva esquina com Leovegildo Coelho, a senhora Maria Rezende, de 45 anos, casada, disse: “Estou tentando comprar pelo menos meio quilo, pois

espero tomar café hoje ainda. Faz dez dias que em casa não sabemos o gosto de café”. Mais adiante, a senhora Creuza Lima de Queiroz comentou: “Não sei como pode faltar café no Brasil, principalmente na cidade da Zona Franca, tão falada por todos. Aqui, só se fala de produtos estrangeiros, caros, que pobre não pode nem perguntar o preço” (A Crítica, 1971).

O senhor Carlos Alberto Lima de Couto, residente em Educandos, acrescentou: “Tenho 66 anos de Amazonas e já estou acostumado com a falta de café e açúcar. Brevemente, o IBC vai solucionar o problema”. Um garoto de 8 anos, que estava na fila desde o meio-dia, esperava comprar café para vender no bairro de São Jorge, afirmando: “Se por acaso não conseguir hoje, ninguém coloca nossa banca à noite” (A Crítica, 1971). Até o momento, não encontramos informações sobre uma solução definitiva para essa situação. A produção local deveria ser retomada com o apoio efetivo das instituições públicas.

O povoado de São João, localizado no Estado do Amazonas, é uma região conhecida por sua produção de café no século XVIII e é cercada por uma mata de várzea rasa e capoeiras em terrenos elevados. O local era um sítio abandonado, mas foi revitalizado por duas famílias, cujos líderes eram cunhados, um nativo e outro do Rio Grande do Norte. Posteriormente, um deles trouxe uma família de índios Tukano do alto Uaupés (Caiari) para ajudar no cultivo de roças e trabalhar com seringueiras e ucuquiranas, segundo estudo etnográfico de Oliveira (1975).

A subsistência dos habitantes de São João e arredores baseia-se na agricultura de derrubada e queima da mata, principalmente para o plantio de mandioca, com pequenas quantidades de macaxeira, milho, cará, batata-doce, cana-de-açúcar, urucu, cubiu e pimenta. Todavia, a área é infestada por saúvas, que frequentemente destroem as plantações. Sem recursos para combatê-las, os moradores abrem novas roças, cientes de que também serão afetadas. O terreiro ao redor das moradias, antes repleto de árvores frutíferas, foi em grande parte destruído pelas saúvas, embora árvores nativas como açaí, tucumã, patauá e umari ainda sejam encontradas em estado selvagem (Oliveira, 1975).

A principal atividade agrícola em São João é a roça, onde a mata é derrubada, queimada, e o solo é cultivado e replantado, seguindo o sistema de agricultura de coivara. A produtividade dessas áreas dura cerca de 2 a 3 anos, após os quais se transformam em capoeiras, aumentando a distância das roças e tornando a vida econômica dos habitantes desafiadora (Oliveira, 1975).

A situação descrita relacionada ao ano de 1972, ainda prevalece em muitas áreas do Amazonas. A falta de aplicação de técnicas agrícolas adequadas e a insistência em métodos coloniais de agricultura contribuíram para a pobreza econômica e o fracasso técnico-cultural

das comunidades agrícolas da região (Oliveira, 1975). Técnicas como Sistemas Agroflorestais (SAF), que já eram aplicadas empiricamente na cultura do café em 1889, com os pés de café à sombra dos ingazeiros em Nery (2018), poderiam ter sido desenvolvidas para proteger as culturas agrícolas e melhorar a sustentabilidade da produção.

A empresa Yoshioka & Cia Ltda solicitou a compra de uma gleba de 200.000 alqueires paulistas neste Estado, com o objetivo de desenvolver o plantio de café e cereais em geral. Assinado por Carlos Fausto Gonçalves em 06/04/1973 (DOA, 1973). O incentivo público à produção de café incluía a redução ou isenção de impostos para empresas agropecuárias.

Em uma situação de reintegração de posse, noticiada em 7 de agosto de 1975 no Diário Oficial do Amazonas (DOA, 1975), referente a um lote urbano em Manaus de aproximadamente 5.000 m², localizado na Estrada s/nº do Bairro Alvorada I, em favor do senhor Antonio Cordeiro de Souza e sua esposa Zivania Ribeiro de Souza, foi registrado que o invasor destruiu 150 canteiros de mudas de café da cultivar Mundo Novo. É importante destacar que a cultivar Mundo Novo de *Coffea arabica* era plantada no Amazonas, e Antônio e Zivania são os primeiros viveiristas de café de que se tem registro no estado (DOA, 1975).

Em 20 de julho de 1976, o Governador do Estado do Amazonas despachou uma comunicação informando que o Instituto Brasileiro do Café (IBC), em Brasília - DF, havia providenciado, por meio de seus técnicos, o estudo da viabilidade de colaboração para a defesa da cultura do guaraná e da economia do Município de Maués, atendendo à solicitação constante do Ofício GE-Nº 438/76. O despacho foi encaminhado à SEPROR em 19 de julho de 1976, assinado por Henocho da Silva Reis (DOA, 1976). É interessante notar que o IBC, tradicionalmente focado na fiscalização da comercialização do café no Estado, passou a contribuir na defesa de outras culturas agrícolas, como a do guaraná. Esta iniciativa foi positiva para a cultura do guaraná, enquanto a cafeicultura permaneceu esquecida.

No primeiro dia de julho de 1976 (DOA, 1977), a Agropecuária Aruanã realizou sua Assembleia Geral em Silves, onde houve alterações em sua estrutura organizacional. Tendo em vista a disposição do Governo Federal em desenvolver as culturas de seringueira, cacau e guaraná, e considerando a perspectiva da cultura do café para o consumo regional, a empresa pretende adquirir terras para se adaptar ao desenvolvimento desses setores.

Apesar do aparente esquecimento histórico pelos órgãos públicos, um evento significativo destacou-se em 21 de outubro de 1977. Nessa data, a Secretaria de Estado da Educação e Cultura do Amazonas designou professores para compor a Comissão Julgadora dos trabalhos sobre os

“250 anos do Café no Brasil” (AMAZONAS, 1977). Este ato sublinha a importância da educação não apenas na preservação da cultura, mas também na revalorização de produções agrícolas outrora grandiosas, que caíram no esquecimento devido à falta de atenção técnica governamental. A celebração do café no Brasil, através da perspectiva educacional, oferece uma oportunidade valiosa para reavivar memórias e conhecimentos sobre uma das culturas mais importantes e historicamente ricas do país.

Em 2 de maio de 1978, a Empresa Dermeval Ltda., localizada em Manaus, alterou seu contrato social, destacando-se na exploração agropecuária. A Fazenda Rancho Mineiro, situada à margem direita do Rio Urubú, foi estabelecida como o principal local de suas atividades, incluindo o cultivo de café, cacau, arroz, guaraná, amendoim, soja, e mandioca, além da criação de gado bovino, caprino, equino e suíno. Esta diversificação agrícola e pecuária reflete a visão estratégica da empresa em responder à demanda do mercado, mesmo em face das políticas governamentais que priorizam outras culturas (DOA, 1978a).

No caso específico do Estado do Amazonas, a Secretaria de Estado da Fazenda esclareceu em uma consulta tributária que, o café industrializado localmente sempre provém de outras unidades da federação, uma vez que o Estado não possui lavouras comerciais de café. Dessa forma, o café industrializado em Manaus, adquirido do Instituto Brasileiro do Café (IBC), é resultado de uma operação interestadual e é tributado conforme essa natureza (DOA, 1978b). Embora houvesse produção de café no Amazonas durante esse período, ela em grande parte se destinava principalmente a atender à demanda familiar, não tendo relevância para a comercialização em larga escala devido às distâncias, cuja viabilidade depende da infraestrutura adequada para a produção.

O Departamento Nacional de Estradas de Rodagem não aprovou o Plano de Trabalho apresentado pelo 2º Grupamento de Engenharia e Construção (2º GEC), que previa um investimento de 100 milhões de cruzeiros para a estrada Lábrea-Boca do Acre e Boca do Acre-Rio Branco, alegando contenção de despesas. No entanto, os recursos solicitados destinavam-se a melhorias e conservação, e não à construção, já que a estrada Boca do Acre-Rio Branco já existe, embora sem condições de tráfego. Esta estrada é vital para a economia da região, pois sua trafegabilidade permitirá o escoamento da produção agrícola de Boca do Acre, que inclui mais de um milhão de toneladas de arroz anualmente, além de café, milho, feijão e uma significativa pecuária (DOA, 1979b).

A falta de trafegabilidade tem causado grandes prejuízos ao Estado, deixando a produção

local sem suporte adequado. Dado o impacto econômico da estrada, o governador do Estado à época, Professor José Lindoso, propôs um reexame do problema ao Ministro dos Transportes, destacando a importância desta via para a região (DOA, 1979b).

O Estado do Amazonas, por meio da Secretaria da Indústria e Comércio e da Junta Comercial, reconheceu oficialmente a fundação da Companhia Agrícola do Rio Puruzinho (CARI), datada de 7 de novembro de 1979, com sede em Humaitá-AM (DOA, 1979a). A empresa visa a exploração sustentável de suas propriedades rurais, priorizando métodos agrícolas inovadores em consonância com sua vocação original. Suas atividades abrangem desde a extração de recursos naturais, como castanha, borracha, sorva, e madeira até o cultivo de produtos como cacau, café, soja e cana-de-açúcar (DOA, 1979a).

A diversificação agrícola liderada pela CARI desempenha um papel crucial no crescimento econômico regional, impulsionando não apenas a autossuficiência, mas também a exportação de produtos agrícolas. A pecuária, em todas as suas formas, complementa o perfil produtivo da empresa. Além disso, o investimento contínuo em infraestrutura e inovação agrícola não só amplia a capacidade produtiva local, mas também é fundamental para a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico do Amazonas. Nos dias atuais, a cidade de Humaitá emerge como um centro para a expansão do cultivo de soja na região sul do Amazonas (Jesus; Neto; Silva, 2022), refletindo a evolução e adaptação do setor agrícola na área, especialmente no que diz respeito à cultura da soja.

Durante uma visita ao campo experimental de plantio de seringueira da EMBRAPA, em março de 1980, o governador José Lindoso e sua comitiva tiveram a oportunidade de conhecer detalhadamente os trabalhos desenvolvidos pela empresa. Os técnicos da EMBRAPA explicaram o processo de plantio de seringueiras em conjunto com outras culturas, destacando como essas plantações podem coexistir harmoniosamente sem causar danos umas às outras. Foi ressaltado que, embora o cultivo de pimenteira-do-reino não seja recomendável junto à seringueira devido à sombra prejudicial desta última, culturas como o guaraná e o café se adaptam bem ao convívio com as seringueiras. A combinação de seringueira e café mostrou-se particularmente bem-sucedida, resultando na primeira colheita de café pela EMBRAPA após cinco anos de cultivo conjunto, evidenciando o potencial de práticas agrícolas integradas para o desenvolvimento sustentável da região (Governador Visita Embrapa, 1980).

O Governo do Estado do Amazonas, por meio da Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Turismo, apresentou o Estudo Técnico N.º 0001/81 (AMAZONAS, 1982), que

teve por objetivo estabelecer critérios para avaliar a significação dos investimentos conforme o artigo 13, parágrafo 3º, do Decreto 4831/80. Este estudo, datado de dezembro de 1981, faz parte da nova Política de Incentivos Fiscais instituída pela Lei n.º 1370/79 e regulamentada pelo referido decreto. O objetivo é orientar os empresários sobre as alternativas de investimentos, especialmente voltadas para o meio rural. Empresas localizadas no estado que desenvolvam atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais para a produção de bens de consumo imediato, utilizando matérias-primas regionais, serão beneficiadas com acréscimos na restituição do ICM, podendo alcançar até 20 pontos percentuais adicionais (AMAZONAS, 1982).

O estudo detalha critérios quantitativos e qualitativos para a avaliação dos projetos, destacando a importância da produção agrícola e pecuária para o desenvolvimento econômico regional. Prioridades incluem bens agrícolas como mandioca, arroz, milho, feijão, frutas e legumes, além de produtos pecuários e matérias-primas como dendê, guaraná, cana-de-açúcar, cacau, borracha, pimenta-do-reino, café e fibras vegetais. A integração de projetos agroindustriais será acompanhada de perto para garantir a execução eficiente e o aproveitamento integral dos incentivos fiscais (AMAZONAS, 1982).

Essa regulamentação provavelmente é impulsionada pelo significativo aumento no número de empresas agropecuárias que buscam incentivos fiscais, incluindo a cafeicultura em seus projetos, além de outros produtos agrícolas.

A administração amazonense, por meio de um programa de incentivo e apoio às culturas perenes, conforme publicado no Diário Oficial de 22 de dezembro de 1983, buscou promover estudos pedológicos para identificar e plantar as culturas mais apropriadas, bem como identificar e disseminar os resultados das pesquisas existentes.

O programa também incentiva pesquisas por meio dos órgãos existentes no estado para o melhoramento genético de espécies como guaraná, seringueira, cacau, dendê, café, além da fruticultura, incluindo pupunha, cupuaçu, graviola, açaí, cítricos e mamão (DOA, 1983b). Este projeto visava superar as dificuldades socioeconômicas enfrentadas pelo Estado.

Sobre estas dificuldades, Benchimol (1977) afirmava que o homem é pobre porque não tem saúde, não tem saúde porque sua dieta alimentar é precária, e não se alimenta bem porque sua renda e sua capacidade de trabalho são limitadas. Ele descreve claramente a situação do homem do interior da Amazônia ao aplicar o conceito de “círculo vicioso da estagnação” de Nurkse (1966), que ressalta a necessidade de superar a falta de capital e expandir o mercado para impulsionar o desenvolvimento econômico. Essa baixa produtividade torna-se tanto a causa

quanto o efeito da própria pobreza.

Um fenômeno ilustrativo desse ciclo é a migração do campo para a cidade. Nos últimos anos, como resultado desses fluxos migratórios, Manaus passou a concentrar cerca de 44% da população do Estado, enquanto os municípios do interior apresentaram perda relativa ou até absoluta de população, o que significa uma redução progressiva da força de trabalho apta a produzir alimentos no interior e um aumento do número de consumidores nas cidades (DOA, 1983a).

Esse mínimo excedente é responsável por cerca de 80% da produção interna que tem como contribuição para essa situação inúmeros fatores, desde a distância entre área produtiva e centro consumidor até o manejo primitivo da terra, passando pela falta de propriedade dos fatores de produção, acesso difícil e demorado aos instrumentos auxiliares de produção (crédito, sementes, insumos, tecnologia) e mecanismos de comercialização precários. A combinação desses elementos, de natureza econômica, com a deficiência de equipamentos e serviços comunitários básicos, oferece poucas alternativas no interior, incentivando ainda mais o êxodo rural (DOA, 1983a).

O Assentamento Rio Juma, localizado no município de Apuí, Amazonas, se tornou um dos maiores assentamentos rurais do Brasil. Criado em 1981 pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), o projeto tinha como objetivo distribuir terras para famílias sem-terra e promover o desenvolvimento rural na região amazônica (Galuch; Menezes, 2020).

Situado nos municípios amazonenses de Apuí e Sucunduri (atualmente, Vila de Sucunduri), o Projeto de Assentamento Rio Juma foi apresentado no “Jornal do Comércio” em 14 de março de 1984. Dividido em duas fases, a primeira já estava em execução e previa o assentamento de 1.500 famílias com assistência financeira do FINSOCIAL. A segunda fase previa o assentamento de mais 7.500 famílias, com previsão de investimentos significativos para todos os colonos. O projeto visava a ocupação de 690 mil hectares ao longo da Rodovia Transamazônica, oferecendo uma alternativa para absorver o fluxo migratório destinado aos Estados de Rondônia e Acre, além de servir como instrumento de redistribuição de terras no Amazonas (COMMERCIO, 1984a).

O sudoeste do Amazonas, onde está o assentamento, é uma região de terras férteis com rios piscosos, o projeto foi visitado pelo coordenador José Maia. Colonos oriundos do sul do Brasil, que já começaram a produzir, consideravam o local como um “Novo Eldorado”,

acreditando no potencial produtivo da região, pela reportagem do jornal. Segundo José Maia (COMMERCIO, 1984a), o modelo agrícola planejado para o projeto incluía culturas alimentares como arroz, feijão, milho e mandioca, além de culturas permanentes como guaraná, café e cacau.

Em visita ao Assentamento Rio Juma em 18 de março de 1984, o “Jornal do Comércio” destacou a história e a esperança dos colonos, representados por Otaviano Barbosa da Silva (COMMERCIO, 1984b). Vivendo há 13 anos na propriedade que mantém no Juma, Otaviano expressou sua satisfação e gratidão pelas conquistas alcançadas, atribuindo seu sucesso à bondade de Deus. Ele se tornou uma espécie de professor para os agricultores menos experientes, compartilhando conhecimento e fornecendo mudas e sementes a quem precisasse. Otaviano, que se considera um “Filho do Incra”, é otimista sobre o futuro do assentamento. Ele acredita que as terras do Juma são promissoras e, com esforço, todos prosperarão. Seu espírito colaborativo e confiança no potencial agrícola da região são vistos como motores de progresso e esperança para o assentamento. A resiliência do Silva mostra foi concretizada na “Indústria Empírica” de fabricação própria, utilizando uma moto-forrageira, para o beneficiamento e venda do café

A produção inicial foi promissora, pois segundo o “Jornal do Comércio” de 06 de outubro de 1985 (COMMERCIO, 1985), o assentamento já se destacava como o maior produtor de arroz do Estado, com uma produção de 1.572 toneladas na safra 84/85, além de 1.150 sacas de café, 7 toneladas de feijão, banana, abacaxi e milho. As perspectivas para a safra 85/86 incluíam 1.250 hectares de arroz, 300 hectares de milho, 115 hectares de feijão, 300 hectares de cacau, 250 hectares de guaraná e 150 hectares de café.

Apesar das promissoras iniciativas, os colonos enfrentaram sérios desafios. Em 1988, técnicos da Emater-AM destacaram o potencial da cafeicultura no Rio Juma, mas também expressaram preocupações sobre a falta de condições adequadas para o escoamento da produção. Este problema se intensificou ao longo dos anos, com relatos de agricultores passando fome devido à falta de infraestrutura para transporte e comercialização dos produtos (COMMERCIO, 1988a).

Embora a cafeicultura tenha uma história significativa no Amazonas, ela acabou sendo negligenciada ao longo do tempo, muitas vezes obscurecida por narrativas heroicas do passado. Sempre existe o retorno da figura heroica a histórias e a Emater - AM, com o projeto de assentamento Rio Juma, destaca:

Revolucionando a tradição agrícola do Estado, o assentamento também está produzindo café e, segundo colonos oriundos de São Paulo e Paraná, em condições parecidas

com as que são oferecidas pela famosa Terra Roxa, daqueles Estados (COMMERCIO, 1988b).

No final da década de 1990, muitos colonos enfrentaram dificuldades extremas. Em uma visita relatada pelo “Jornal do Comércio” em 28 de abril de 1998, o então candidato ao governo do Amazonas, Eduardo Braga, encontrou um cenário de abandono e fome. Os agricultores não conseguiam produzir adequadamente devido à falta de financiamento e infraestrutura, e muitos estavam abandonando suas terras (COMMERCIO, 1998).

O Assentamento Rio Juma exemplifica os desafios e complexidades da reforma agrária na Amazônia que, embora tenha começado com promissoras iniciativas de desenvolvimento rural, a falta de infraestrutura e suporte contínuo resultou em graves dificuldades para os colonos. Este caso destaca a importância de um planejamento abrangente e de suporte constante para o sucesso de projetos de assentamento e desenvolvimento rural.

3.6 Considerações

A trajetória da cafeicultura no Estado do Amazonas é um reflexo vívido das complexidades enfrentadas no desenvolvimento agrícola e rural da região amazônica. Ao longo das décadas, a produção de café oscilou entre momentos de promessa e desafios significativos, refletindo não apenas a história econômica da região, mas também as políticas governamentais, os avanços tecnológicos e as condições socioeconômicas em constante evolução.

Desde os primeiros registros de plantações de café na região até os esforços contemporâneos de revitalização e inovação agrícola, a cafeicultura do Amazonas testemunhou uma série de transformações. Inicialmente impulsionada pela demanda internacional e pelos incentivos governamentais, a produção de café encontrou obstáculos significativos, desde fatores bióticos e abióticos até a falta de infraestrutura para escoamento e comercialização.

Entre os problemas enfrentados pela cafeicultura no Amazonas, destacam-se a fragilidade das políticas de apoio governamental, a falta de acesso a crédito agrícola, a vulnerabilidade às mudanças climáticas e a concorrência desleal com produtores de outras regiões. Além disso, a ausência de assistência técnica adequada e a dificuldade de acesso a tecnologias apropriadas têm sido desafios persistentes para os agricultores locais.

No entanto, apesar dos desafios, o potencial agrícola do Amazonas continua a inspirar esperança e inovação. Projetos como o Assentamento Rio Juma, uma vez considerados como soluções revolucionárias para a Reforma Agrária e o desenvolvimento rural, destacam tanto

as oportunidades quanto as dificuldades enfrentadas pelos agricultores locais. A resiliência demonstrada pelos colonos, mesmo diante de adversidades, reflete a profunda conexão entre a terra e as comunidades que dependem dela para sustento e subsistência.

Uma possível solução para os problemas enfrentados pela cafeicultura no Amazonas envolve o fortalecimento das políticas públicas voltadas para o setor agrícola, com ênfase na promoção de acesso a crédito, assistência técnica e extensão rural. Além disso, investimentos em pesquisa científica e desenvolvimento de tecnologias adaptadas à realidade local são fundamentais para aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas.

Além disso, a diversificação agrícola emergente na região, evidenciada pela integração de culturas como guaraná, cacau, castanha e seringueira com a cafeicultura, aponta para uma abordagem mais sustentável e integrada ao desenvolvimento agrícola. Essa abordagem reconhece não apenas a importância econômica da produção agrícola, mas também seu papel na preservação ambiental e na promoção do bem-estar das comunidades locais.

No entanto, para que o setor agrícola do Amazonas alcance seu pleno potencial, é necessário um compromisso contínuo com o apoio governamental, o investimento em infraestrutura, a pesquisa científica e a capacitação técnica. Além disso, uma abordagem holística que leve em consideração não apenas os aspectos econômicos, mas também os sociais e ambientais, é essencial para garantir um desenvolvimento sustentável e equitativo.

À medida que o Amazonas continua sua jornada rumo a uma economia agrícola mais diversificada e resiliente, é crucial aprender com os sucessos e desafios do passado. Somente através de uma abordagem colaborativa e inclusiva, que valorize o conhecimento tradicional, promova a inovação e garanta a participação ativa das comunidades locais, será possível construir um futuro próspero e sustentável para todos os envolvidos no setor agrícola do Amazonas.

4 CHAPTER - ANALYSIS OF BIOACTIVE COMPOUNDS, ORGANIC ACIDS, AND GENETIC PARAMETERS OF TEN AMAZONIAN ROBUSTA CULTIVARS.

Hugo Cesar Tadeu

*Chemistry Department, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brazil; hugocesartadeu@gmail.com - ORCID:
0000-0002-6563-283X*

Valdecir Farias Ximenes

*Chemistry Department, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brazil; valdecir.ximenes@unesp.br - ORCID:
0000-0003-2636-3080*

Maria Teresa Gomes Lopes

*Department of Animal and Plant Production, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brazil;
mtglopes@ufam.edu.br - ORCID: 0000-0003-1988-7126*

Marcelo Curitiba Espindula

*Embrapa Café, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, Brazil;
marcelo.espindula@embrapa.br - ORCID: 0000-0001-7481-9746*

Ana Paula de Carvalho Alves

*Department of Agricultural Engineering, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil;
anapaula.quimica@hotmail.com - ORCID: 0000-0003-0266-1817*

Flávio Meira Borém

*Department of Agricultural Engineering, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil;
flavioborem@ufla.br - ORCID: 0000-0002-6560-8792*

4.1 Abstract

Coffea canephora beans are used for various industrial purposes, among which the use as soluble coffees stands out for producing beverages in blends with *Coffea arabica*. Due to the increase in demand, EMBRAPA launched ten monoclonal *C. canephora* cultivars named Amazonian Robustas, adapted to the growing conditions of the Brazilian Amazon. However, the chemical composition of the beans of these cultivars is still little known. The present study aimed to estimate genetic parameters for the evaluated characteristics and determine the levels of bioactive compounds and organic acids in ten *C. canephora* cultivars. The experiment was set in Manaus, Amazonas, consisting of plants from the cultivars BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213, and BRS 3220. The cultivars were characterized according to the profile of bioactive compounds and organic acids. Analysis of variance, mean test, and genetic parameters (genetic, environmental, and phenotypic variance and heritability) were conducted. The heritability of characters was considered from intermediate 63.76% (trigonelline) to high 88.44% (caffeine). Of the compounds studied, trigonelline contents ranged from 0.54 to 0.78g · 100g⁻¹, chlorogenic acids from 3.77 to 5.31g · 100g⁻¹, caffeine from 2.31 to 4.13g · 100g⁻¹, and citric acid from 0.76 to 1.28g · 100g⁻¹. It was observed that there is genetic variability among the cultivars for the compounds studied, and the cultivars can be used in breeding programs for the development of new cultivars.

Keywords: *Coffea canephora*. Caffeine. Trigonelline. Chlorogenic acids. Plant genetics.

4.2 Resumo - Análise de compostos bioativos, ácidos orgânicos e parâmetros genéticos de dez cultivares de Robustas Amazônicas.

Grãos da espécie *Coffea canephora* são utilizados para diversos fins industriais, dentre os quais se destacam o uso como cafés solúveis e para produção de bebidas em blends com a espécie *Coffea arabica*. Devido ao aumento da demanda, a EMBRAPA lançou dez cultivares monoclonais de cafeeiros *C. canephora* com nome Robustas Amazônicas, adaptados às condições de cultivo da Amazônia brasileira; entretanto, a composição química dos grãos destes clones ainda é pouco conhecida. O objetivo do estudo foi estimar parâmetros genéticos para as características avaliadas e determinar os teores de compostos bioativos e de ácidos orgânicos nas dez cultivares. A unidade experimental foi instalada em Manaus, Amazonas, constituída de plantas das cultivares

BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e BRS 3220. As cultivares foram caracterizadas quanto ao perfil de bioativos e ácidos orgânicos. Foi realizada análise de variância, teste de médias e estimados parâmetros genéticos, como variância genética, ambiental, fenotípica e herdabilidade. A herdabilidade dos caracteres foi considerada de mediana (63,76%) para trigonelina a alta (88,44%) para cafeína. Dos compostos estudados, os teores de trigonelina variaram de 0,54 a 0,78g · 100g⁻¹; os de ácidos clorogênicos de 3,77 a 5,31g · 100g⁻¹; o de cafeína de 2,31 a 4,13g · 100g⁻¹ e o de ácido cítrico de 0,76 a 1,28g · 100g⁻¹. Observou-se que existe variabilidade genética entre as variedades para os compostos estudados e as cultivares podem ser utilizadas no melhoramento genético para desenvolvimento de novas cultivares.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Cafeína. Trigonelina. Ácidos clorogênicos. Genética de plantas.

4.3 Introduction

Brazil is the largest coffee producer in the world, and the most produced species are *Coffea arabica* L. (Arabica coffee) and *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (Conilon or Robusta coffee). According to Gomes e Partelli (2021), Brazilian production exceeded 67 million 60-kilogram bags in 2019-2020, comprising around 70% Arabica and 30% Conilon.

Robusta coffee, due to the sensory characteristics of neutrality in terms of sweetness, acidity, the marked aroma of roasted cereals, and a more pronounced body than Arabica coffee (Pereira *et al.*, 2019), is mainly used to comprise blends in the soluble coffee industry (Ribeiro *et al.*, 2014b). Thus, the main concerns regarding its production are characteristics linked to environment adaptability, yield, and resistance to pests and diseases, among other factors for crop development (Gomes; Partelli, 2021).

However, the world's growing demand for specialty coffees has made Robusta coffee a target of several studies seeking to improve beverage quality. These studies include genetic improvement, management, harvest, and post-harvest processing methods, including fermentation, drying, storage, and roasting. The state of Espírito Santo in Brazil has shown great aptitude in producing high-quality Robusta coffee. They have been called special Robustas (CONAB, 2017).

The Amazon region, characterized by producing unique flavor coffees, has also emerged

in the search for special Robustas. This advance in coffee production is directly linked to technologies, mainly the adoption of clonal coffee production, making it possible to know beverage quality from each genetic material planted. According to Viencz *et al.* (2023), the significance of studying *Coffea canephora* for the coffee industry is linked to the analysis of its chemical composition and bioactive compounds. This information is valuable for the industry as it can be utilized in developing coffee products with specific sensory profiles and potential health benefits.

Among the genetic and phenotypic parameters that can help direct the selection of the most promising coffee trees, genetic and phenotypic variances, heritability, and expected genetic progress stand out. Estimating the genetic parameters allows us to know the genetic structure and the inference of the genetic variability present in the population, providing subsidies to predict the genetic gains and the possible success of the breeding program. As for heritability, it must be as accurate as possible due to its importance in predicting the genetic improvement of a trait (Ferrão *et al.*, 2008).

According to the literature, in addition to different physical and sensory characteristics, Robustas differ chemically from Arabica coffees. The chemical composition of raw coffee is related to factors such as species, variety, crop location, management, processing, and storage, and the interaction of these factors directly interferes with the beverage's characteristics. Concerning bioactive compounds such as trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine, robustas have lower trigonelline and higher chlorogenic acid and caffeine contents than arabica coffee (Frost-Meyer; Logomarsino, 2012; Zain; Shori; Baba, 2017).

These compounds are essential in coffees since they actively participate in flavor formation reactions during roasting. During roasting, trigonelline contributes to coffee aroma by forming degradation products, mainly nicotinic acid. The group of chlorogenic acids, the main phenolics found in coffee, is degraded during roasting, originating pigments, and aromatic volatiles. Caffeine is a relatively stable alkaloid in the thermal process and contributes to beverage bitterness (Souza *et al.*, 2010).

Another group of compounds that have been closely related to coffee quality is organic acids (Farah; Lima, 2019). The primary organic acids in coffee are acetic, citric, lactic, malic, quinic, tartaric, and oxalic. Each acid stands out for its characteristic flavors, such as the lemon flavor of citric acid or the undesirable fermentation conferred by acetic acid (Lingle, 2011).

Given the above, this research aimed to characterize ten Amazonian Robusta coffee clones

for the genetic parameters (genetic variance, environmental variance, phenotypic variance, and heritability) of their characteristics regarding the content of bioactive compounds (trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine) and organic acids.

4.4 Material e Methods

The field experiment was conducted in Manaus (between the coordinates $2^{\circ}38'20''S$ – $2^{\circ}39'10''S$ and $60^{\circ}40'W$ – $60^{\circ}30'W$), Amazonas, Brazil. The experiment was conducted using clonal seedlings produced in the experimental field of Embrapa Rondônia, Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Ten cultivars developed by Embrapa were evaluated, all of which were recommended for cultivation. The crop was implanted in January 2019 (Espindula *et al.*, 2019).

Table 4 – Genotypes origin and genealogy with the registration date of 2019 in the National Cultivar Registry of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply RNC/MAPA.

Genotypes	Origin	Genealogy
BRS 1216	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 1675
BRS 2299	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 2314	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 640
BRS 2336	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 2357	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 3137	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 3193	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 3210	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 2258
BRS 3213	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 2258
BRS 3220	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 1675

Source: Espindula *et al.* (2019)

Before planting, the soil chemical analysis was conducted, and the results were: pH (H₂O): 5.04; organic matter $288.93g \cdot kg^{-1}$; phosphorus $177mg \cdot dm^{-3}$; potassium $399mg \cdot dm^{-3}$; sodium $69mg \cdot dm^{-3}$; calcium $1.50cmol_c \cdot dm^{-3}$; magnesium $1.0cmol_c \cdot dm^{-3}$; potential acidity $5.50cmol_c \cdot dm^{-3}$; cation-exchange capacity $9.89cmol_c \cdot dm^{-3}$; base saturation 45.0%. Based on the chemical analysis of the soil, liming was conducted two months before planting to increase base saturation to 70%. Tanned chicken manure ($1.0kg \cdot m^{-2}$) was used as fertilization in the seedling transplanting. Topdressing fertilizations were conducted 10 and 20 days after transplanting seedlings, with 0.1% urea in foliar fertilization in the irrigation water. The test was conducted according to the technical recommendations for the crop (Marcolan *et al.*, 2009).

The experiment was set in a randomized block design with ten treatments (cultivars) and three replications. Each replication consisted of eight plants. The first harvest was conducted between May and June 2021, respecting the maturation cycle of each cultivar.

Coffee samples of each cultivar were randomly obtained after harvesting the mixture of beans from the eight plants that comprise each replication for each cultivar. After harvesting, 3 kg of fruits of each replication of each genotype were sent for drying and processing at the Experimental Farm – FAEXP, of the Federal University of Amazonas – UFAM.

After drying and processing, the samples were sent to the UFLA Agricultural Product Processing Laboratory, where they were prepared for analysis, as described below. First, using sieves, the samples were separated by size, and defects (broken beans, floaters, outer shell, inner shell, and other similar things) were then removed from the samples. For the chemical analyses, the raw coffee samples were ground in an IKA 11A mill, in the presence of nitrogen and placed in an ultra-freezer for subsequent extraction.

Non-volatile compounds such as caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid were determined by high-performance liquid chromatography (HPLC), following the methodology adapted from Vitorino, Carvalho e Faria (2001). A calibration curve, with 10 points and concentration between 0.002 and $0.8\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, was plotted for identification and quantitative analysis using caffeine, trigonelline and 5-caffeoylquinic acid (5-CQA) as standards.

Organic acids were determined by HPLC based on the methodology described by Jham *et al.* (2002). Standards of citric, malic, tartaric, succinic, lactic, quinic, and acetic acids were used to identify the chromatogram peaks, compare the retention times and calculate their concentration in the samples.

Data were submitted to Analysis of Variance ($p < 0.05$), and the means were compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$), using the SISVAR statistical software (Ferreira, 2008). The following genetic parameters were estimated: genetic variance, environmental variance, phenotypic variance and trait heritability (Cruz; Carneiro; Regazzi, 2014). Aiming to understand the relationship between treatments (ten clones with three replicates each) and chemical composition (caffeine, trigonelline, chlorogenic acid and organic acids), principal component analysis (PCA) was performed using the statistical software CHEMOFACE (Nunes *et al.*, 2012). An $M \times N$ matrix was plotted with the content of identified chemical compounds and sensory attributes for the evaluated samples.

4.5 Results e Discussion

The trigonelline content did not differ significantly among the cultivars, with concentrations ranging from 0.54g to 0.78g per 100g. Similarly, no variations were noted in chlorogenic

acid levels among the cultivars, with values ranging between 3.77g and 5.31g per 100g (Table 5). However, distinctions were observed in the caffeine and citric acid levels among the cultivars, suggesting likely genetic diversity within the cultivars studied.

Caffeine levels ranged from 2.31g to 4.13g per 100g. The highest concentration was observed for cultivar BRS 2299, with 4.13g. Cultivars BRS 1216, BRS 2314, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, and BRS 3213 showed intermediate values, and cultivars BRS 2336, BRS 2357, and BRS 3220 showed the lowest values (Table 5).

Regarding citric acid contents, the values ranged from 1.28g to 0.76g per 100g. Cultivars BRS 1216, BRS 3137, and BRS 3193 showed higher levels of citric acid, while the other cultivars did not differ concerning this characteristic (Table 5).

The results found in this research agree with those presented in other studies that indicate trigonelline contents between 0.6 and 1.7% in conilon coffee (Souza *et al.*, 2010). Caffeine contents were also similar to those described in the literature, between 1.7 and 3.5g · 100g⁻¹ (Hečimović *et al.*, 2011). The only cultivar that presented a higher content than that found in the literature was BRS 2299. However, for total chlorogenic acids, the levels are below those described for Conilon and closer to Arabica coffee, which vary between 4 and 8g · 100g⁻¹. As described, the chlorogenic acid levels for Conilon coffee range between 7 and 10g · 100g⁻¹ (Monteiro; Trugo, 2005).

Studies mention that trigonelline contributes to the formation of desirable aromas during coffee roasting, but it is still not possible to assess how the content of this compound acts on the other sensory attributes (Macrae, 1985). Controversial reports on this compound are found, such as that of Farah e Donangelo (2006), who associate higher trigonelline contents with higher sensory quality, or Fassio *et al.* (Fassio *et al.*, 2016), who point out that the bioactive trigonelline, chlorogenic acid, and caffeine did not show a good relationship with sensory attributes.

Chlorogenic acid and its derivatives contribute to the final acidity but are associated with beverage astringency and bitterness, in addition to participating in the formation of pigments (Variyar *et al.*, 2003; Schenker; Rothgeb, 2017), being related to a lower sensory quality (Farah; Donangelo, 2006; Fassio *et al.*, 2016). It is one of the reasons why Conilon coffee is always referred to as more bitter than Arabica. In the present study, the levels of chlorogenic acids were very close to those of Arabica coffees, which may indicate a potentially higher quality for these *C. canephora* cultivars.

Table 5 – Content of bioactive compounds and citric acid per 100g of dry coffee sample from Robusta cultivars.

Cultivars	Trigonelline (g.100g ⁻¹)	Chlorogenic Acid (g.100g ⁻¹)	Caffeine (g.100g ⁻¹)	Citric Acid (g.100g ⁻¹)
BRS 1216	0.66±0.13 ^a	4.56±0.16 ^a	3.19±0.38 ^b	1.28±0.05 ^a
BRS 2299	0.76±0.03 ^a	5.11±0.70 ^a	4.13±0.73 ^a	0.81±0.10 ^b
BRS 2314	0.54±0.06 ^a	5.31±0.31 ^a	3.38±0.68 ^b	0.77±0.20 ^b
BRS 2336	0.67±0.08 ^a	3.77±0.33 ^a	2.31±0.46 ^c	0.76±0.10 ^b
BRS 2357	0.63±0.06 ^a	4.48±0.10 ^a	2.95±0.25 ^c	0.93±0.13 ^b
BRS 3137	0.78±0.06 ^a	5.39±0.23 ^a	3.22±0.27 ^b	1.20±0.07 ^a
BRS 3193	0.74±0.06 ^a	5.02±0.53 ^a	3.26±0.63 ^b	1.14±0.06 ^a
BRS 3210	0.70±0.11 ^a	4.92±0.74 ^a	3.52±0.21 ^b	0.90±0.23 ^b
BRS 3213	0.73±0.04 ^a	5.44±0.36 ^a	3.26±0.25 ^b	0.78±0.06 ^b
BRS 3220	0.73±0.10 ^a	4.68±0.80 ^a	2.56±0.09 ^c	0.97±0.24 ^b
Mean	0.69	4.86	3.17	0.95

Caption: Mean values in the same column followed by different letters belong to different groups ($p < 0.05$) by the Scott-Knott Clustering Algorithm.

Caffeine is associated with bitterness, which, as is known, can make several people reject the beverage (Monteiro; Trugo, 2005). The caffeine content and, consequently, the coffee quality are genetically influenced (Ky *et al.*, 2001; Aguiar *et al.*, 2005) and suffer environmental and management influences. Caffeine has high heritability (Montagnon *et al.*, 1998) and suffers less external influence, while trigonelline and chlorogenic acids have intermediate heritability and are more influenced by the environment and management. Thus, given the correlation of these compounds with quality, this study reinforces the influence of the relationship between genotype, environment, and management on the chemical and sensory quality of Amazonian Robusta coffees.

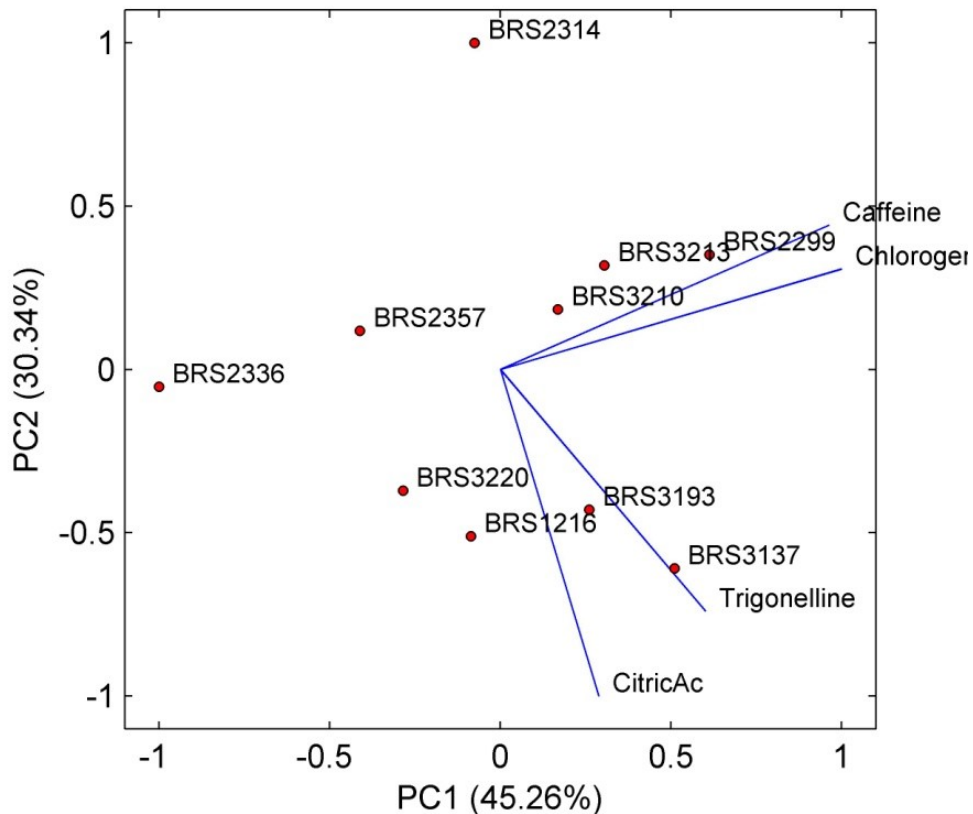
Regarding organic acids, the only acid detected and quantified by the methodology used was citric acid, and the contents of this organic compound vary between 0.76 and 1.28g · 100g⁻¹. For Arabica coffee, the relationship of sensory quality with citric acid is positive (Koshiro *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2007; Rogers *et al.*, 1999). However, studies on organic acids in Conilon coffees are scarce in the literature.

BRS 2314 had the lowest citric acid content, as well as the lowest trigonelline content and the highest levels of caffeine and chlorogenic acids. According to Garambone e Rosa (2008), who verified the possible benefits of chlorogenic acid in *in vitro* tests, chlorogenic acid was indicated as a potent antioxidant in all experiments of their study, showing the need for further research with cultivars that present higher levels of this compound for consumption that benefits

consumer health.

The contents of trigonelline, chlorogenic acid, caffeine, and citric acid were submitted to principal component analysis (PCA), and a biplot was generated (Figure 13).

Figure 13 – **Principal component analysis (PCA) of ten *Coffea canephora* cultivars based on bioactive compounds and organic acids**



Source: Original work by the author (2024).

In the biplot graph, using the first two principal components, the vectors represent the variables and the red dots, the samples, and their codes. The first component (PC1) accumulated 77.55% of the variance while the second (PC2), 15.07%. The larger the vector, the greater the influence of the variable on the grouping, and the smaller the angle between the vectors, the more significant the correlation between the variables. Therefore, it is possible to observe the relationship between trigonelline and citric acid graphically; that is, in the samples in which higher trigonelline contents were identified, there is also a higher citric acid content; the same relationship is observed for caffeine and chlorogenic acids; samples with higher levels of chlorogenic acids also had higher caffeine contents. In addition, it was possible to see the variables responsible for separating the samples. Caffeine and chlorogenic acids show an inverse

relationship with citric acid and trigonelline.

The samples were reasonably distributed, but it is possible to identify only one group with higher levels of chlorogenic acid and caffeine (BRS3213, BRS2299, and BRS3210) and one group with higher levels of citric acid and trigonelline (BRS3220, BRS1216, BRS3193, and BRS3137). Two cultivars were opposite to the vectors (BRS2336, BRS2357), which shows that they have lower levels of the measured compounds and an isolated cultivar with high levels of caffeine and chlorogenic acid and low levels of other components (BRS2314). The distribution of cultivars in the graph demonstrates considerable variability in chemical composition. This variability is of great importance to understand the individualities of each cultivar and direct their use.

The statistically significant difference observed for cultivars in the analysis of trigonelline, chlorogenic acid, caffeine, and citric acid shows the presence of phenotypic variability for the evaluated genotypes (Table 6). The coefficients of experimental variation (C_{Ve}) were below 20%, indicating good experimental precision in the experiment (Dubberstein *et al.*, 2020).

The heritability coefficient—the relationship between genotypic and phenotypic variance—ranged from 63.76% for trigonelline to 88.44% for caffeine. These values are considered intermediate ($50\% < h^2 < 80\%$) and high ($h^2 > 80\%$) (Falconer, 1987). The CV_g/C_{Ve} ratio values ranged from 0.76 to 1.6 for all characteristics studied (Table 6). CV_g/C_{Ve} values close to or greater than 1.0 and high heritability indicate favorable situations for selecting superior genotypes in breeding programs (Faluba *et al.*, 2010; Cruz; Carneiro; Regazzi, 2014).

Table 6 – Mean squares and genetic and environmental parameters of the joint analysis for Trigonelline, Chlorogenic Acids, Caffeine and Citric Acid of *C. canephora* cultivars, evaluated in Manaus-AM, in 2021.

Source of Variation	DF	Trigonelline	Chlorogenic Acids	Caffeine	Citric Acid
Mean squares					
Blocks	2	0.013	0.138	1.225	0.427
Cultivars	9	0.015*	0.784*	0.754**	0.070**
Residue	18	0.005	0.250	0.087	0.017
Mean		0.693	4.869	3.179	0.954
Minimum		0.485	3.565	1.912	0.414
Maximum		0.841	5.903	4.967	1.332
CVe (%) ¹		10.670	10.260	9.290	14.420
Genetic parameters					
Phenotypic Variation		0.005	0.261	0.251	0.023
Environmental Variation		0.002	0.083	0.029	0.006
Genotypic Variation		0.003	0.178	0.222	0.0178
Heritability (%)		63.762	68.520	88.440	76.060
CVg (%) ²		8.171	8.670	14.830	14.840
CVg/CVe ³		0.770	0.840	1.600	1.020

Caption: **: * $p < 0.01$, $p < 0.05$, respectively, by the *F*-test. ¹Experimental coefficient of variation; ²Genetic coefficient of variation; ³Ratio between the genetic and the experimental coefficient of variation. DF: statistical degree of freedom.

4.6 Conclusions

This study highlights the genetic diversity among the ten Amazonian Robusta coffee cultivars, particularly concerning their bioactive compounds and organic acids. The variability observed suggests significant potential for these cultivars to be used in breeding programs to enhance specific traits, such as caffeine content, which showed high heritability. The findings also reinforce the importance of selecting cultivars based on their chemical profiles, which could lead to the development of coffee products with targeted sensory and health-related attributes.

4.7 Acknowledgements

To the Foundation for the Support of Research in the State of Amazonas (FAPEAM) for research funding through Call Notice No. 004/2018 - Strategic Amazonas; the Experimental Farm of the Federal University of Amazonas (FAEXP); and the Agricultural Products Processing Laboratory from the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Lavras - UFLA.

5 CAPÍTULO - CAFÉ DA AMAZÔNIA: EXPLORAÇÃO DA POTENTE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS BIOATIVOS

Hugo Cesar Tadeu

Engenheiro Agrônomo, doutorando em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT, UFAM, Manaus – AM

Nathalia Mariana Pavan

Licenciada em Química, doutoranda em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT, Unesp, Bauru – SP

Andréa Cristiane dos Santos Delfino

Bacharel em Estatística, doutora em Estatística e Experimentação Agropecuária, professora associada,

Departamento de Matemática e Estatística, UFSJ, São João del – Rei – MG

Valdecir Farias Ximenes

Bacharel em Química, doutor em Química Orgânica, professor associado, Faculdade de Ciências, Unesp, Bauru –

SP

5.1 Resumo

Este estudo examina a atividade antioxidante e o perfil bioquímico de dez cultivares híbridas de *Coffea canephora* no Amazonas, com ênfase em compostos bioativos de interesse para as indústrias alimentícia, farmacêutica, agropecuária e cosmética. O experimento de competição de clones foi implantado em janeiro de 2019, em delineamento de blocos ao acaso (DBC), e a colheita das amostras de café ocorreu entre maio e junho de 2022. As amostras foram devidamente preparadas e armazenadas, e métodos cromatográficos foram empregados para quantificar os compostos bioativos. Posteriormente, análises espectrofotométricas avaliaram a capacidade antioxidante dos flavonoides e polifenóis totais. O método de fluorescência ORAC foi utilizado para determinar o potencial antioxidante. Análises estatísticas, como ANOVA, teste de Scott-Knott, PCA e K-means, identificaram cultivares com alto potencial antioxidante. As cultivares BRS 2314, BRS 3193, BRS 3210 e BRS 3213 apresentaram elevados níveis de ácido clorogênico, cafeína e trigonelina, associados a uma maior capacidade antioxidante em flavonoides totais. Em contrapartida, as cultivares BRS 1216, BRS 2299, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137 e BRS 3220 exibiram concentrações mais altas de ácido cítrico e um potencial antioxidante significativo, conforme as medições de ORAC e polifenóis totais. Os resultados posicionam as cultivares amazônicas de *Coffea canephora* como uma fonte promissora de compostos bioativos com alta capacidade antioxidante, oferecendo amplo potencial para inovação tecnológica sustentável e diversas aplicações industriais.

5.2 Introdução

As cultivares de *Coffea canephora*, particularmente as variedades Robusta e Conilon, apresentam alta adaptabilidade e estabilidade diante dos desafios das mudanças climáticas. Pesquisas demonstram que *Coffea canephora* possui significativa variabilidade intraespecífica, permitindo à espécie lidar com seca e outros estresses abióticos que devem se intensificar devido às mudanças climáticas (Rakocevic *et al.*, 2022). Estudos genômicos identificaram marcadores genéticos associados à resistência a doenças e características de qualidade em *Coffea canephora*, destacando sua resiliência e potencial de progresso genético por meio do melhoramento (Ferrão *et al.*, 2023). Além disso, estudos de genômica da paisagem revelaram que populações de *Coffea canephora* em diferentes regiões exibem níveis variados de compensações genéticas em resposta às condições climáticas futuras, com algumas populações apresentando menor desadaptação

genética, indicando sua adaptabilidade a ambientes em mudança (Oliveira *et al.*, 2022). Essas descobertas enfatizam coletivamente a robustez e o potencial das cultivares de *Coffea canephora* para prosperar frente aos desafios das mudanças climáticas.

O café, obtido dos frutos do cafeeiro, é uma das bebidas mais apreciadas no mundo, cultivada e processada em mais de setenta países (Junior; Lima; Silva, 2023). O Brasil se destaca como o maior produtor mundial, com ênfase nas espécies *Coffea arabica* L. (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (café conilon e robusta). A segunda estimativa da safra de café de 2024 pela Conab aponta uma produção de 58,81 milhões de sacas, com 42,11 milhões de sacas de *C. arabica* e 16,7 milhões de sacas de *C. canephora*. Esta produção reflete um significativo aporte tecnológico e condições climáticas favoráveis (CONAB, 2024).

A introdução do café clonal, especialmente das variedades híbridas de *C. canephora*, é fundamental para a recuperação de áreas desmatadas e a inserção dessas áreas no sistema produtivo no estado do Amazonas. Para 2024, projeta-se uma produção de 17,1 mil sacas de café conilon, evidenciando uma tendência crescente na cafeicultura local e consolidando-se como uma fonte sustentável de recursos para os produtores familiares (CONAB, 2024).

Os grãos verdes (crus) de *Coffea canephora* são ricos em compostos bioativos com propriedades antioxidantes. Estudos demonstraram que esses grãos crus contêm compostos valiosos, como ácidos clorogênicos, cafeína e trigonelina, que contribuem para sua atividade antioxidante (Leticia; Silva; Oliveira, 2022; Aissaoui *et al.*, 2020). Além disso, a avaliação dos extratos de sementes verdes de *Coffea canephora* revelou a presença de diversos antioxidantes, incluindo ácido gálico, vanilina, quercetina, ácido clorogênico e ácido p-cumárico, destacando seu potencial como ingredientes para alimentos funcionais devido aos seus efeitos antioxidantes e antiadesivos (Aissaoui *et al.*, 2020).

O café robusta (*C. canephora*) oferece uma oportunidade econômica significativa para pequenos produtores e cadeias cafeeiras emergentes na América Latina, com potencial de adaptação em áreas não tradicionais e como componente valioso de sistemas de produção agroecológicos (Campuzano *et al.*, 2021). À medida que os padrões climáticos evoluem, a tecnologia avança e as demandas dos consumidores aumentam, a necessidade de pesquisas contínuas sobre o café torna-se clara (Partelli; Souza; Oliveira, 2024).

Objetivou-se com este estudo investigar a atividade antioxidante e os compostos bioativos presentes no *Coffea canephora* da Amazônia. Ao fazer isso, busca-se não apenas expandir o conhecimento científico sobre esta espécie, mas também destacar o café amazônico, e com este

potencial gerar novos produtos, como uma fonte valiosa de compostos benéficos para a saúde.

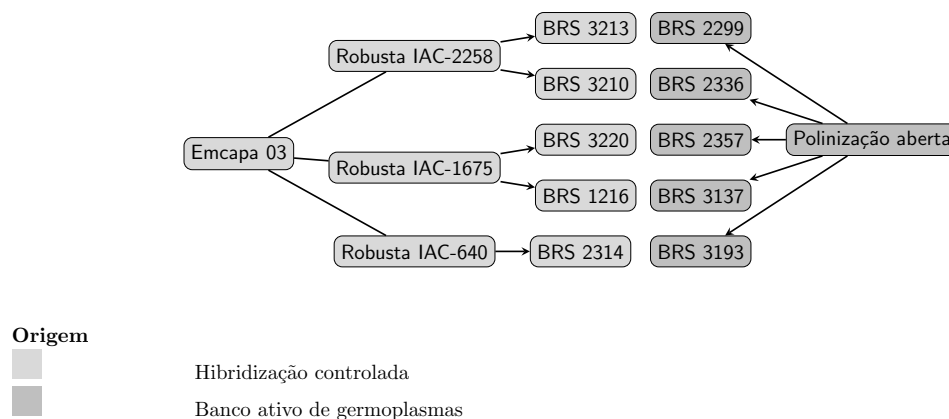
5.3 Materiais e Métodos

Amostras

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP), em Manaus, Amazonas, Brasil. O clima local é do tipo “Am” na classificação de Köppen (RADAMBRASIL, 1978), com precipitação anual de 1.355 a 2.839 mm e temperatura média entre 25,6 e 27,6°C (Oliveira; Amaral, 2004). A área de “terra firme” é representativa das condições de cultivo típicas da região amazônica (coordenadas: 2°39'09.1”S – 60°03'16.0”W).

Foram utilizadas dez cultivares híbridas (clones) de *Coffea canephora* (BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e BRS 3220) que foram os tratamentos, resultantes de cruzamentos entre as variedades Robusta e Conilon. A Figura 14 apresenta a genealogia e a origem desses materiais, todos desenvolvidos pela Embrapa e recomendados para cultivo na Região Amazônica (Espindula *et al.*, 2019).

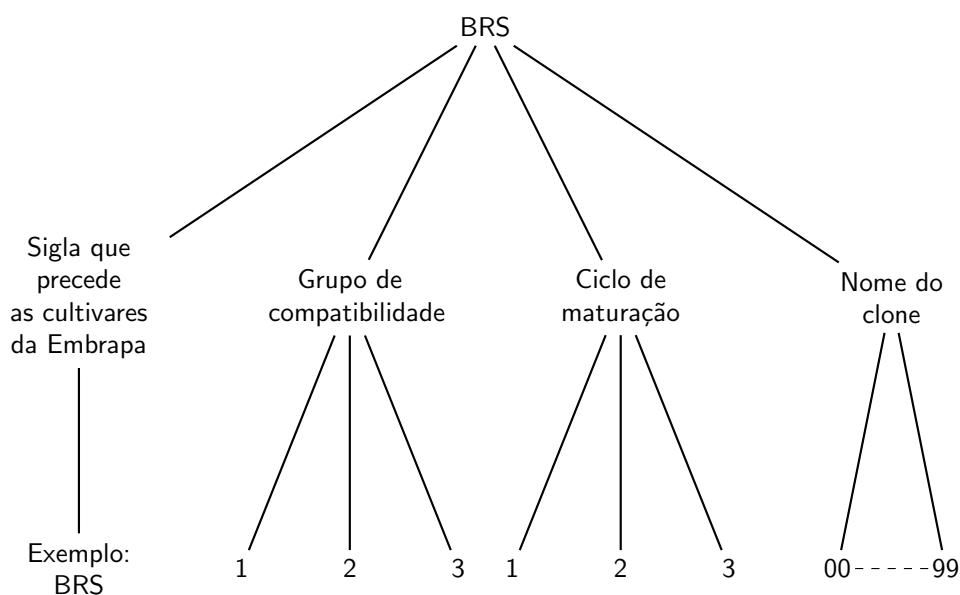
Figura 14 – Genealogia das cultivares estudadas e origem.



Fonte: Do autor (2024), adaptado de (Espindula *et al.*, 2019).

A formação do nome de cada cultivar de *Coffea canephora* segue uma lógica que expressa o grupo de compatibilidade (1, 2 e 3), o ciclo de maturação (1, 2 e 3) e o número de identificação da cultivar (00 à 99), conforme Figura 15. Por exemplo, BRS 2314 é um clone do grupo de compatibilidade 2, com um ciclo de maturação tardio, e seu número de identificação é 14 (Teixeira *et al.*, 2020).

Figura 15 – Elementos que compõem o nome das cultivares



Fonte: Do autor (2024), adaptado de Teixeira *et al.* (2020).

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos ao acaso, composto por dez tratamentos com três repetições. Cada repetição consistiu em oito plantas de café, assim obtivemos trinta amostras a serem estudadas ou seja, trinta parcelas com oito plantas por parcela. A colheita foi realizada entre maio e junho de 2022, respeitando o ciclo de maturação específico de cada cultivar. As amostras de café cereja de cada cultivar foram coletadas aleatoriamente na parcela originando as trinta amostras dos grãos e na FAEXP foram submetidas a procedimento de pós-colheita e beneficiamento.

Após o beneficiamento, 3 kg de grãos de cada foram enviados ao Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da UFLA, onde foram preparados para as análises de caracterização, conforme descrito a seguir.

Inicialmente, as amostras foram classificadas por tamanho utilizando peneiras, e defeitos como grãos quebrados, flutuantes, cascas externas e internas, entre outros, foram removidos manualmente. Para as análises de caracterização química, foram selecionados os grãos classificados como “peneira 15 acima” (grãos de café com diâmetro superior a 15/64 polegadas), conforme metodologia descrita por Souza *et al.* (2017).

As amostras de café verde (café cru) foram moídas em um moinho IKA 11A na presença de nitrogênio e, em seguida, armazenadas em um ultrafreezer para posterior extração, análise de caracterização e ensaios para medir a capacidade antioxidante das amostras.

Compostos Bioativos

Compostos não voláteis como cafeína, trigonelina e ácido clorogênico foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), seguindo a metodologia de Vitorino, Carvalho e Faria (2001). Ácidos orgânicos foram determinados por HPLC conforme Jham *et al.* (2002).

Ensaio de Atividade Antioxidante

Foram pesados 40mg de pó de café verde (cru) e diluídos em 2mL de uma solução aquosa de etanol a 30% (v/v). As misturas foram colocadas em banho seco a 60°C por 150 minutos. Após centrifugação, os extratos foram armazenados em freezer.

Método de Determinação de Polifenóis Totais (POL)

O método de determinação de polifenóis totais por Kuskoski *et al.* (2006) é uma técnica espectrofotométrica baseada na reação dos polifenóis com o reagente de Folin-Ciocalteu. Os polifenóis totais nas amostras de café verde (cru) foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, com a análise de absorvância a 765nm. A equação da reta gerada pela curva de calibração de Ácido Gálico Equivalente (GAE) foi utilizada para quantificar os polifenóis totais.

Método de Determinação de Flavonoides Totais (FLAV)

O método de determinação de flavonoides totais por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999) é amplamente utilizado para quantificar o conteúdo de flavonoides em plantas. Esse método envolve a reação dos flavonoides com o reagente de cloreto de alumínio ($AlCl_3$), formando um complexo que pode ser medido espectrofotometricamente. Os flavonoides nas amostras de café verde (cru) foram determinados utilizando um espectrofotômetro UV-VIS a 510nm. A equação da reta gerada pela curva de calibração de Quercetina Equivalente (QE) foi utilizada para quantificar os flavonoides Totais.

Método ORAC

O método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) descrito por Dávalos, Gómez-Cordovés e Bartolomé (2004) é utilizado para medir a capacidade antioxidante de amostras. Este método avalia a capacidade de uma amostra em neutralizar radicais livres, especificamente os radicais peroxil, gerados a partir da decomposição térmica de um composto azo (AAPH). O

ensaio utiliza fluoresceína como sonda fluorescente. A diminuição da fluorescência é monitorada ao longo do tempo, com a capacidade antioxidante expressa em termos de equivalentes de Trolox (um antioxidante padrão). O ensaio ORAC foi realizado utilizando um leitor de fluorescência de placas, com comprimentos de onda de 470nm para excitação e 520nm para emissão. A capacidade antioxidante nas amostras de café verde (cru) foi expressa em de Trolox Equivalente (TRE).

Análise Estatística

Os dados das amostras coletadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar a significância das diferenças entre as cultivares. Em seguida, aplicou-se o teste estatístico de Scott-Knott ($p < 0,05$) para a comparação das médias, facilitando a formação de grupos homogêneos. Para uma melhor compreensão visual das distribuições dos dados e identificação de tendências, foram gerados gráficos de boxplot. Além disso, para explorar e sintetizar os padrões complexos dos dados multivariados, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software R (R Core Team, 2023), garantindo uma abordagem robusta e detalhada para a interpretação dos resultados, permitindo identificar padrões subjacentes e agrupar as cultivares com base em suas características químicas e capacidade antioxidante, proporcionando uma visão abrangente da variabilidade entre os genótipos analisados.

5.4 Resultados e Discussão

A análise de variância indicou diferenças significativas entre as cultivares de *Coffea canephora* em relação aos teores de compostos bioativos, com exceção da cafeína, para a qual não houve variação estatisticamente significativa entre os métodos de determinação. Para as demais variáveis, as comparações entre cultivares foram conduzidas por testes de médias, e os resultados das análises encontram-se sumarizados na Tabela 7.

Tabela 7 – Conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante conforme métodos, para híbridos de *Coffea canephora*.

Cultivar (BRS)	Trigonelina (g.100g ⁻¹)	Ác. Clorogênico (g.100g ⁻¹)	Cafeína (g.100g ⁻¹)	Ác. Cítrico (g.100g ⁻¹)	POL (mgGAE.g ⁻¹)	FLAV (mgQE.g ⁻¹)	ORAC (mgTRE.g ⁻¹)
1216	0,74 ± 0,03 ab	5,42 ± 0,24 bcd	3,74 ± 0,27 a	1,11 ± 0,16 ab	48,73 ± 4,54 a	12,77 ± 0,39 a	456,38 ± 42,55 a
2299	0,74 ± 0,06 ab	5,09 ± 0,32 cd	4,02 ± 0,19 a	0,86 ± 0,05 b	49,73 ± 1,20 a	12,37 ± 1,05 a	492,45 ± 29,77 a
2314	0,70 ± 0,08 b	7,17 ± 0,67 a	4,79 ± 0,64 a	1,01 ± 0,09 ab	50,05 ± 1,85 a	14,88 ± 0,64 a	480,59 ± 39,00 a
2336	0,80 ± 0,05 ab	4,58 ± 0,54 d	2,82 ± 0,23 a	1,06 ± 0,12 ab	52,17 ± 2,55 a	12,43 ± 0,58 a	456,06 ± 61,05 a
2357	0,72 ± 0,06 ab	5,45 ± 0,54 bcd	3,60 ± 0,23 a	1,18 ± 0,04 a	48,45 ± 2,99 a	12,44 ± 1,53 a	493,31 ± 33,82 a
3137	0,78 ± 0,02 ab	5,91 ± 0,48 abcd	3,44 ± 0,23 a	1,01 ± 0,07 ab	53,36 ± 3,06 a	13,04 ± 0,57 a	409,76 ± 11,69 a
3193	0,91 ± 0,14 a	6,26 ± 1,23 abc	3,05 ± 2,35 a	1,08 ± 0,06 ab	48,50 ± 12,12 a	14,43 ± 1,04 a	405,16 ± 63,58 a
3210	0,88 ± 0,06 ab	6,63 ± 0,42 ab	4,59 ± 0,26 a	0,95 ± 0,13 ab	50,19 ± 1,78 a	13,38 ± 1,54 a	394,88 ± 65,55 a
3213	0,90 ± 0,05 a	6,21 ± 0,10 abc	4,06 ± 0,18 a	0,84 ± 0,06 b	49,68 ± 3,64 a	12,88 ± 0,96 a	442,60 ± 27,26 a
3220	0,86 ± 0,01 ab	5,71 ± 0,05 bcd	3,19 ± 0,24 a	1,07 ± 0,10 ab	49,66 ± 4,51 a	13,16 ± 0,98 a	448,72 ± 42,46 a
Média	0,8	5,84	3,73	1,02	50,05	13,18	447,99

Legenda: Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes pertencem a diferentes grupos ($p < 0,05$) pelo algoritmo de agrupamento Scott-Knott.

As plantas respondem ao estresse hídrico por meio de várias adaptações fisiológicas e bioquímicas, incluindo alterações no potencial osmótico celular, no potencial hídrico e na ativação de sistemas naturais de defesa. Essas defesas incluem a atividade de enzimas antioxidantes e o acúmulo de osmólitos, que ajudam a mitigar os efeitos adversos da seca (Wahab *et al.*, 2022).

A trigonelina desempenha um papel essencial na biossíntese e função do ácido nicotínico em plantas, especialmente em sementes de leguminosas e *Coffea* sp. (Ashihara, 2008). Este alcaloide vegetal, presente no café e no feno-grego, é conhecido por seus efeitos antidiabéticos, antioxidantes, anti-inflamatórios e neuroprotetores. Estudos com ratos demonstraram que a trigonelina melhora a função cognitiva em modelos de declínio cognitivo induzido por lipopolissacarídeos, devido à sua capacidade de suprimir o estresse oxidativo e a inflamação no hipocampo (Khalili *et al.*, 2018).

As cultivares estudadas apresentaram valores de trigonelina variando de 0,70 a 0,91 g · 100g⁻¹, portanto valores superiores aos observados por Faria *et al.* (2021), que relataram concentrações de trigonelina em grãos verdes de *Coffea canephora* entre 0,24 e 0,30 g · 100g⁻¹. Esses resultados reforçam a consistência das medições realizadas no presente estudo. As cultivares BRS 3193 e BRS 3213 se destacaram por apresentar as maiores concentrações de trigonelina (0,91 e 0,90 g · 100g⁻¹, respectivamente), enquanto a BRS 2314 apresentou a menor concentração (0,70 g · 100g⁻¹).

O ácido clorogênico tem sido mostrado eficaz na inibição do crescimento de diversos fungos patogênicos de plantas, apresentando grande potencial como biofungicida para a horticultura e agricultura (Martínez *et al.*, 2017). Atua na defesa das plantas contra insetos herbívoros,

sugerindo possíveis aplicações futuras na proteção de cultivos e biotecnologia (Kundu; Vadassery, 2019).

Os ácidos clorogênicos presentes em bebidas como café, chá, vinho e infusões de ervas são conhecidos por reduzir o risco de doenças crônicas, principalmente devido à sua capacidade de atenuar o estresse oxidativo e exibir atividades anti-inflamatórias (Liang; Kitts, 2015). Esses compostos são uma classe de polifenóis notáveis, reconhecidos por seus benefícios à saúde (Mills *et al.*, 2013).

O ácido clorogênico, um componente significativo do café, tem o potencial de reduzir o risco de diversas doenças crônicas ao regular o metabolismo da glicose e dos lipídios, oferecendo uma abordagem não farmacológica e não invasiva para tratamento ou prevenção dessas condições (Tajik *et al.*, 2017). Este ácido é um polifenol natural presente em grãos de café verde, chás, frutas e vegetais, exerce efeitos antivirais, antitumorais, antibacterianos e antioxidantes, que podem ser eficazes no tratamento de várias toxicidades (Rashidi *et al.*, 2022).

As cultivares híbridas de *Coffea canephora* estudadas apresentaram teores de ácido clorogênico, variando de 4,58 a 7,17g · 100g⁻¹. Esses resultados são menores que aos valores reportados na literatura, onde Farah e Donangelo (2006) identificaram que os teores de ácido clorogênico em *Coffea canephora* podem variar de 7,58 a 11,3g · 100g⁻¹, dependendo da variedade e das condições de cultivo.

Além disso, Handayani e Muchlis (2021) revisaram estudos sobre o conteúdo de ácido clorogênico em grãos de *Coffea canephora* (Robusta), relatando concentrações que variam de 6,1 a 11,3g · 100g⁻¹ em grãos de café verde. Esses valores, que se encontram dentro da faixa superior da nossa pesquisa, reforçam o potencial antioxidante das cultivares estudadas. Notavelmente, as cultivares BRS 3193 e BRS 3213, com 6,26 e 6,21g · 100g⁻¹ de ácido clorogênico, respectivamente, estão alinhadas com o limite inferior da faixa encontrada por Handayani e Muchlis (2021), sugerindo que essas cultivares possuem um perfil de ácido clorogênico competitivo, embora ligeiramente inferior ao observado nas cultivares robustas de maior teor.

A presença de elevados teores de ácido clorogênico é relevante não apenas no contexto da indústria alimentícia, mas também na indústria cosmética. Conforme destacado por Handayani e Muchlis (2021), o ácido clorogênico é amplamente utilizado em preparações cosméticas devido às suas propriedades antioxidantes, antibacterianas e como agente esfoliante.

O ácido clorogênico possui propriedades antioxidantes, hepatoprotetoras, renoprotetoras, antibacterianas, antitumorais e de regulação do metabolismo da glicose. Suas principais

aplicações na indústria alimentícia incluem o uso como aditivo alimentar, na preservação de alimentos, modificação da composição alimentar, materiais de embalagem, alimentos funcionais e prebióticos (Wang *et al.*, 2022). No entanto, o teor de ácido clorogênico no café comercial varia significativamente, sendo impactado negativamente pela torro intensa, o que torna a escolha do tipo de café crucial para a ingestão ideal de polifenóis (Mills *et al.*, 2013).

A cafeína desempenha um papel crucial na defesa das plantas, suprimindo o crescimento e o desenvolvimento de fungos patogênicos, ao mesmo tempo em que promove o crescimento de fungos micoparasitários, que atacam e eliminam esses patógenos (Sugiyama *et al.*, 2016). Plantas transgênicas que produzem cafeína de forma endógena exibem forte repelência contra insetos nocivos e alta resistência a infecções virais e bacterianas, sugerindo que essas plantas poderiam ser “vacinadas” com produtos químicos antigênicos apropriados (Kim; Choi; Sano, 2010). Além disso, a cafeína presente no néctar floral melhora a memória de recompensa das abelhas, aumentando sua capacidade de lembrar e localizar aromas florais aprendidos, o que garante a fidelidade dos polinizadores e o sucesso reprodutivo das plantas (Wright *et al.*, 2013).

Em 1965, já era reconhecido que *Coffea canephora*, comumente conhecido como café robusta, apresentava um teor de cafeína superior ao de *Coffea arabica*. Os valores de cafeína em *Coffea canephora* foram reportados entre 2,2% ($2,2g \cdot 100g^{-1}$) a 2,7% ($2,7g \cdot 100g^{-1}$) do peso seco dos grãos (Carvalho *et al.*, 1965). Recentemente, esses valores parecem ter aumentado, possivelmente devido a melhorias nas práticas de cultivo, seleção genética e características do terroir. Em geral, os extratos de café robusta contêm aproximadamente o dobro da quantidade de cafeína encontrada no café arábica, com valores variando de 3,41% ($3,41g \cdot 100g^{-1}$) por massa seca no tipo arábica do Laos ou Ruanda a 8,16% ($8,16g \cdot 100g^{-1}$) no café robusta da Indonésia (Jeszka-Skowron; Zgoła-Grzeškowiak; Grzeškowiak, 2016).

As cultivares analisadas neste estudo apresentaram teores de cafeína variando de 2,82 a $4,79g \cdot 100g^{-1}$, valores que estão em consonância com os dados relatados por Tadeu *et al.* (2024), que observaram teores de cafeína entre 2,31 e $4,13g \cdot 100g^{-1}$ em grãos verdes de *Coffea canephora*. Embora não tenha ocorrido uma diferenciação estatisticamente significativa entre os grupos quanto aos níveis de cafeína, as variações entre as cultivares sugerem a presença de diferenças individuais. Essas variações podem reduzir o poder estatístico e dificultar a inferência de características do grupo a partir de medições individuais (Martin; Kraemer, 1987).

As cultivares BRS 2314 e BRS 3210 destacaram-se pelos maiores teores de cafeína, $4,79g \cdot 100g^{-1}$ e $4,59g \cdot 100g^{-1}$, respectivamente, enquanto a BRS 2336 apresentou o menor

teor de $2,82g \cdot 100g^{-1}$ (Tabela 7). Essa variabilidade nos teores de cafeína pode ser atribuída à diversidade genética das cultivares, conforme sugerido por estudos que mostram o controle genético sobre o conteúdo de cafeína em *Coffea canephora* (Farah; Donangelo, 2006).

Além disso, fatores ambientais e práticas agrícolas, como o terroir e o manejo da cultura, também influenciam esses níveis, conforme discutido por Jeszka-Skowron, Zgoła-Grześkowiak e Grześkowiak (2016), que identificou variações nos teores de cafeína devido a essas condições. As cultivares com teores mais elevados, como BRS 2314 e BRS 3210, são preferíveis para mercados que valorizam cafés mais intensos e estimulantes, enquanto a BRS 2336 pode ser útil em misturas que busquem equilibrar o sabor e reduzir a intensidade do café.

Na indústria cosmética, a cafeína é amplamente utilizada para prevenir a celulite, retardar o fotoenvelhecimento, melhorar a circulação sanguínea e estimular o crescimento capilar, conforme discutido no estudo sobre os mecanismos de ação da cafeína e seu uso em produtos cosméticos (Herman; Herman, 2012). A cafeína obtida do processo de descafeinação é predominantemente utilizada pelas indústrias farmacêutica, de refrigerantes tipo cola e cosméticos. Embora o café descafeinado represente cerca de 10% do mercado global de café, a demanda por cafeína nessas indústrias é significativamente maior do que a quantidade produzida a partir do café descafeinado, tornando-o um subproduto valioso para a extração de cafeína natural (Mazzafera, 2012).

A estabilidade dos níveis de cafeína nas cultivares de *Coffea canephora* é uma característica relevante, especialmente para mercados que valorizam a consistência na composição química do produto. Segundo Martins *et al.* (2014), a mistura de clones em plantações de eucalipto pode trazer benefícios ao manejo e à produção industrial. De forma análoga, para o cultivo de *Coffea canephora*, a utilização de múltiplas cultivares (clones) é recomendada devido à autoesterilidade da espécie (Klein; Steffan-Dewenter; Tschardtke, 2003). Nesse contexto, a homogeneidade observada nos níveis de cafeína entre as dez cultivares estudadas pode favorecer os processos de industrialização.

O ácido cítrico desempenha um papel essencial na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados, uma vez que reduz significativamente a adsorção desses metais, atenuando sua toxicidade para as plantas e facilitando seu transporte das raízes para a parte aérea (Chen *et al.*, 2003). Além de seu impacto direto na remediação ambiental, o ácido cítrico é fundamental para processos fisiológicos críticos nas plantas, como o metabolismo do carbono, a transdução de sinais celulares e a adaptação ao estresse ambiental (Liu *et al.*, 2022). Recentemente, foi também

identificado como um potente agente antioxidante com ação protetora contra os efeitos tóxicos do paraquat, o que sugere seu potencial terapêutico no tratamento de doenças induzidas por esse composto (Iqbal; Perveen; Mohiuddin, 2020).

As cultivares analisadas apresentaram teores de ácido cítrico variando de $0,84$ a $1,18 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, valores que são comparáveis aos relatados por Stegen e Duijn (1987), que identificaram uma faixa de $0,33$ a $1,01 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em amostras de grãos verdes de café Robusta. Entre as cultivares estudadas, a BRS 2357 destacou-se com o maior teor de ácido cítrico ($1,18 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), enquanto a BRS 3213 apresentou o menor teor ($0,84 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

A produção de ácido cítrico é uma commodity global em rápido crescimento, amplamente utilizada como acidulante nas indústrias de alimentos e bebidas (Berovič; Legiša, 2007). Além disso, o ácido cítrico, devido à sua biocompatibilidade, versatilidade e química ecologicamente correta, encontrou aplicações significativas na indústria química e farmacêutica, sendo considerado um excipiente multifuncional que aprimora as formulações de medicamentos e aborda potenciais problemas na fabricação (Lambros *et al.*, 2022).

Os antioxidantes desempenham um papel fundamental na proteção das plantas contra danos oxidativos em condições de estresse ambiental, mas sua eficácia depende de fatores como compartimentalização, síntese, transporte e cooperação entre sistemas antioxidantes (Blokhuin; Virolainen; Fagerstedt, 2003). Compostos fenólicos, amplamente presentes em plantas, têm recebido crescente atenção devido às suas funções bioativas, especialmente por sua atividade antioxidante. Esses compostos, conhecidos como metabólitos secundários, também possuem propriedades antimicrobianas, antivirais e anti-inflamatórias (Ignat; Volf; Popa, 2011). Além disso, os polifenóis desempenham um papel multifuncional nas interações entre plantas e herbívoros, facilitando as defesas vegetais e oferecendo uma estratégia sustentável para o manejo de pragas (Singh; Kaur; Kariyat, 2021). No entanto, a biodisponibilidade oral dos polifenóis é limitada pela baixa solubilidade em água, uma questão que pode ser mitigada pelo uso de nanocarreadores verdes na produção de nutracêuticos (Zhang *et al.*, 2022).

Flavonoides, uma classe de polifenóis, desempenham diversos papéis nas plantas, incluindo regulação do desenvolvimento, pigmentação, proteção UV, defesa e sinalização. Esses compostos também têm potencial para aumentar o valor nutricional e melhorar as defesas das plantas, além de oferecerem propriedades preventivas contra o câncer (Mathesius, 2018). A oxidação dos flavonoides contribui para suas propriedades protetoras e habilidades antioxidantes, além de estar envolvida na formação de pigmentos marrons em tecidos vegetais e produtos deri-

vados de plantas (Pourcel *et al.*, 2007). A engenharia metabólica em hospedeiros microbianos pode otimizar a produção de flavonoides em plantas, permitindo a produção de medicamentos seguros e eficientes (Trantas *et al.*, 2015).

No estudo das cultivares híbridas de *Coffea canephora*, os valores de polifenóis totais (POL) apresentaram uma variação de 48,45 a 53,36mgGAE · g⁻¹. Estes valores representam uma faixa mais estreita e elevada comparada aos dados obtidos por Perdani, Pranowo e Qonitatilah (2019) em Java Oriental (na Indonésia), onde a concentração de polifenóis totais em cafés Robusta variou significativamente, mas com níveis geralmente mais baixos: Malang registrou 5,24mgGAE · g⁻¹, Jember 35,67mgGAE · g⁻¹, Bondowoso 31,01mgGAE · g⁻¹, e Banyuwangi 9,34mgGAE · g⁻¹. A pesquisa ressaltou que a localização do cultivo exerce uma influência significativa no conteúdo de fenóis, sugerindo que tanto o tipo quanto o local de crescimento do cafeeiro são fatores determinantes para o teor total de fenol nos grãos de café verde. Estes resultados enfatizam a complexa interação entre as condições ambientais e as características genéticas das plantas na acumulação de compostos bioativos.

Os dados sobre flavonoides totais (FLAV) das cultivares híbridas de *Coffea canephora* estudadas apresentam contrastes notáveis em relação aos valores encontrados no grão verde de *Coffea arabica*. Para o *Coffea arabica*, o teor de flavonoides totais foi registrado por Teles e Liberato (2021) um valor de 4,01mgQE · g⁻¹, consideravelmente inferior quando comparado às cultivares híbridas de *Coffea canephora*, que exibiram uma variação de 12,37 a 14,88mgQE · g⁻¹. Esta diferença substancial sublinha as disparidades fenotípicas entre as espécies, destacando o potencial das cultivares híbridas de *Coffea canephora* em oferecer concentrações mais elevadas de compostos benéficos.

Extratos de sementes verdes de *Coffea canephora* apresentam propriedades antioxidantes e antibacterianas significativas, oferecendo potencial para aplicações em alimentos funcionais (Aissaoui *et al.*, 2020). Tanto os constituintes originais quanto os produtos torrados do café contribuem para a eficácia antioxidante celular, potencialmente reduzindo o risco de doenças degenerativas (Bakuradze *et al.*, 2010). Clones tolerantes à seca de *Coffea canephora* mostram maior atividade antioxidante, o que pode ser um fator crucial na tolerância ao estresse hídrico (Lima *et al.*, 2002).

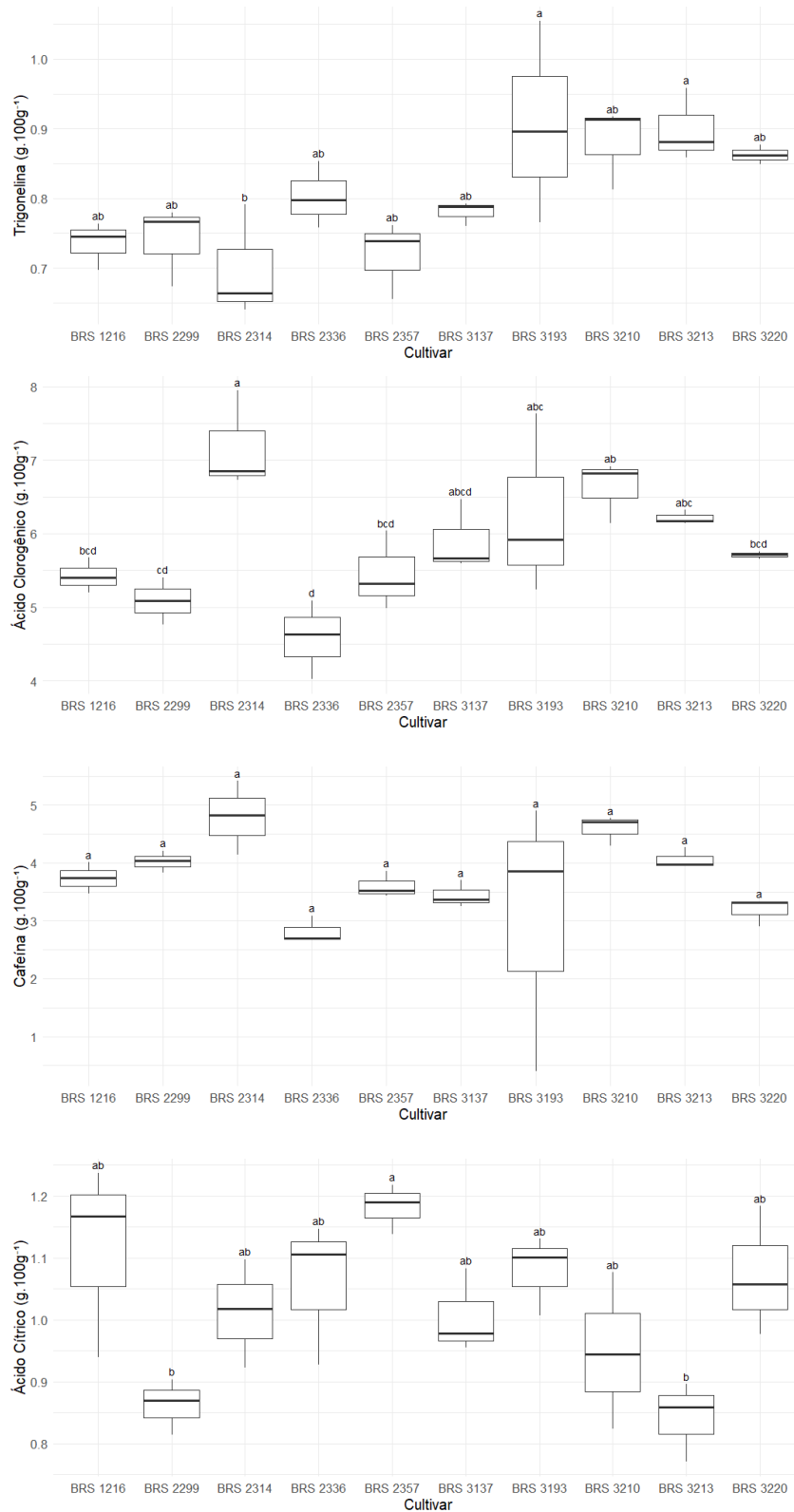
Os valores de capacidade antioxidante, determinados pelo método ORAC, para os híbridos de *Coffea canephora* variaram de 394,88 a 493,31mgTRE · g⁻¹, destacando um contraste significativo em relação aos dados previamente reportados para *Coffea arabica*. Grãos de café

verde da Etiópia, representando *Coffea arabica*, exibiram uma capacidade antioxidante máxima de $432,50 \text{mgTRE} \cdot \text{g}^{-1}$ (Liang *et al.*, 2016), posicionando-se no limite inferior dos valores observados para os híbridos de *Coffea canephora* analisados. Esses resultados sugerem que determinados híbridos de *Coffea canephora* podem apresentar uma capacidade antioxidante (ORAC) superior à de *Coffea arabica*, conforme o estudo citado, o que aponta para um maior potencial antioxidante das cultivares híbridas.

Essa variação substancial na capacidade antioxidante pode ser atribuída a uma combinação de fatores genéticos e ambientais que influenciam diretamente a composição química dos grãos, especialmente no que se refere ao conteúdo de ácidos clorogênicos. Conforme destacado por Liang *et al.* (2016), as interações entre os isômeros de ácidos clorogênicos, bem como as alterações químicas ocorridas durante o cultivo e o processamento, desempenham um papel crucial na modulação das atividades antioxidantes. Notavelmente, os híbridos de *Coffea canephora* tendem a apresentar teores mais elevados de ácidos clorogênicos em comparação com *Coffea arabica*, o que pode explicar os valores superiores de ORAC observados nesses híbridos.

Os boxplots (Figura 16 e Figura 17) das variáveis de resposta para as cultivares híbridas de *Coffea canephora* foram gerados para facilitar a visualização da distribuição dos dados e a significância das diferenças entre as cultivares e os grupos homogêneos (Tabela 7), estes são analisados na Tabela 8 e Tabela 9. Cada boxplot representa a mediana, os quartis e os valores extremos das medições das variáveis de resposta.

Figura 16 – Gráfico de Boxplot das concentrações dos compostos bioativos (Trigonelina, Ácido Clorogênico, Cafeína e Ácido Cítrico) por cultivares híbridas de *Coffea canephora*.



Legenda: Os boxplots com letras diferentes pertencem a grupos distintos ($p < 0.05$) pelo algoritmo de agrupamento Scott-Knott.

As cultivares de *Coffea canephora* analisadas na Tabela 8 podem evidenciar a influência de fatores genéticos e fenotípicos nos resultados da pesquisa, sintetizando essas informações de forma clara na Figura 16.

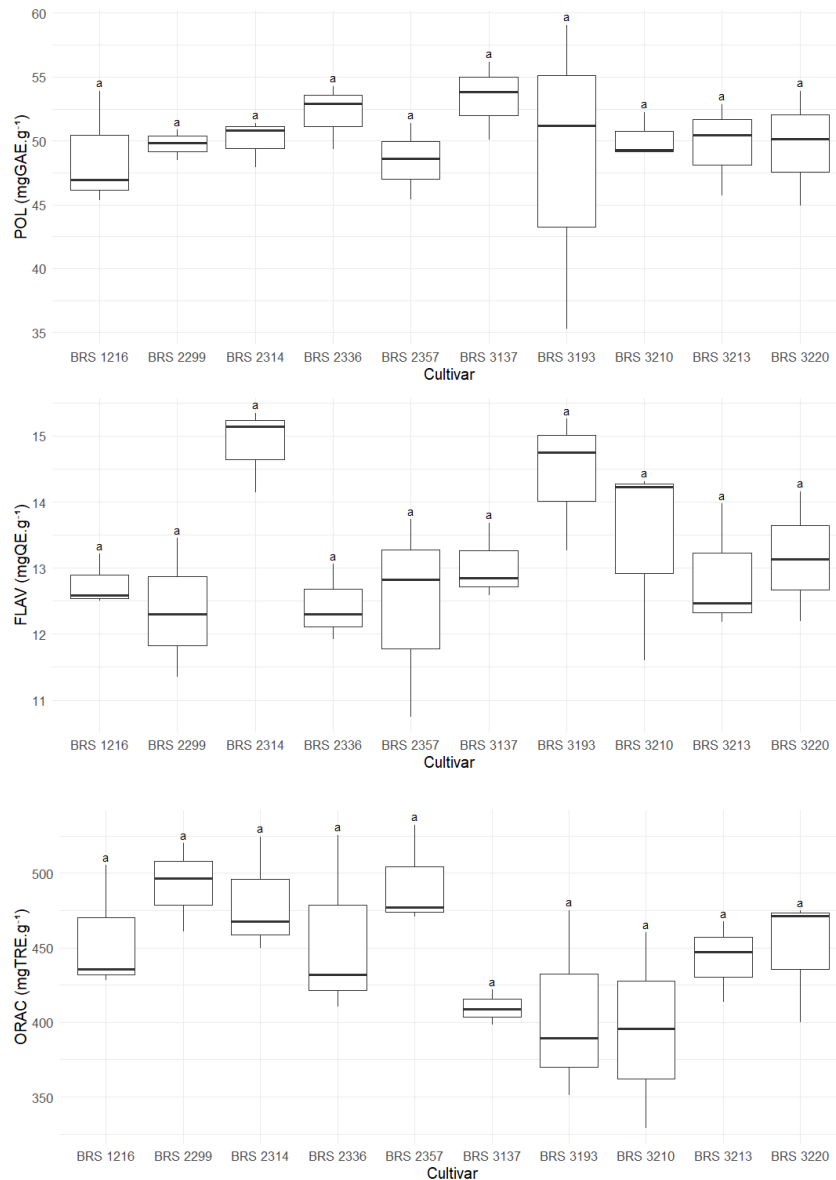
Tabela 8 – Análise dos Boxplots das Concentrações dos Compostos bioativos por Cultivares de *Coffea canephora*.

Composto	Cultivares com Maior Concentração	Cultivares com Menor Concentração	Cultivares com Maior Variabilidade	Cultivares com Menor Variabilidade	Faixa de Valores
Trigonelina	BRS 3193, BRS 3213	BRS 2314	BRS 3193	BRS 3220	0,70 - 0,91 g.100g ⁻¹
Ácido Clorogênico	BRS 2314, BRS 3210	BRS 2336	BRS 3193	BRS 3213	4,58 - 7,17 g.100g ⁻¹
Cafeína	BRS 2314	BRS 2336	BRS 3193	BRS 3213	2,82 - 4,79 g.100g ⁻¹
Ácido Cítrico	BRS 1216, BRS 2357	BRS 3213	BRS 1216	BRS 2357	0,84 - 1,18 g.100g ⁻¹

Legenda: Alta: Concentração alta do composto; Média: Concentração intermediária do composto; Baixa: Concentração baixa do composto; Alta variabilidade: Alta dispersão dos dados; Média variabilidade: Média dispersão dos dados; Baixa variabilidade: Baixa dispersão dos dados.

Mesmo dentro de grupos classificados como homogêneos por métodos estatísticos (Figura 17), podem existir variações individuais que não são detectadas por essas análises, mas que podem ser significativas em contextos específicos. Isso destaca a importância de considerar tanto generalizações estatísticas quanto investigações detalhadas para uma compreensão abrangente (Martin; Kraemer, 1987).

Figura 17 – Gráfico de Boxplots dos resultados dos métodos POL, FLAV e ORAC por cultivares de *Coffea canephora*.



Legenda: Os boxplots com letras diferentes pertencem a grupos distintos ($p < 0.05$) pelo algoritmo de agrupamento Scott-Knott.

Para uma análise detalhada dos resultados dos métodos de determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante (POL, FLAV e ORAC) nas cultivares híbridas de *Coffea canephora*, a Tabela 9 apresenta um resumo abrangente, complementado pela visualização gráfica dos boxplots (Figura 17). Essa combinação permite identificar facilmente padrões, variações e grupos homogêneos nas respostas observadas, facilitando a interpretação comparativa entre as diferentes cultivares.

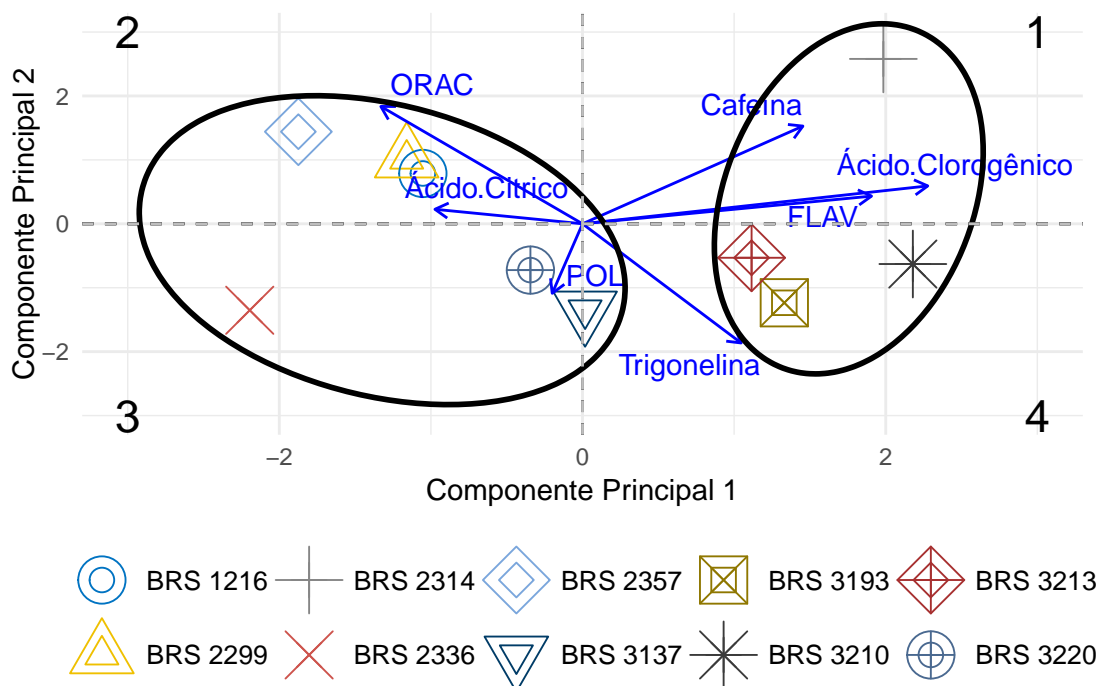
Tabela 9 – Análise dos Boxplots dos resultados dos métodos POL, FLAV e ORAC por cultivares híbridas de *Coffea canephora*.

Composto	Cultivares com Maior Concentração	Cultivares com Menor Concentração	Cultivares com Maior Variabilidade	Cultivares com Menor Variabilidade	Faixa de Valores
POL	BRS 3137, BRS 3210	BRS 2357	BRS 3193	BRS 2299	48,45 - 53,36 mgGAE.g ⁻¹
FLAV	BRS 2314, BRS 3193	BRS 2299	BRS 3210	BRS 1216	12,37 - 14,88 mgQE.g ⁻¹
ORAC	BRS 2357, BRS 2299	BRS 3210	BRS 3210	BRS 3137	394,88 - 493,31 mgTRE.g ⁻¹

Legenda: Alta: Concentração alta do composto; Média: Concentração intermediária do composto; Baixa: Concentração baixa do composto; Alta variabilidade: Alta dispersão dos dados; Média variabilidade: Média dispersão dos dados; Baixa variabilidade: Baixa dispersão dos dados.

A Análise de Componentes Principais (PCA) simplifica a complexidade em dados de alta dimensionalidade enquanto retém tendências e padrões, transformando os dados em menos dimensões, que atuam como resumos das características. Dados de alta dimensionalidade são muito comuns na biologia e surgem quando várias características, são medidas para cada amostra (Lever; Krzywinski; Altman, 2017). Os Componentes Principais PC1 e PC2 (Figura 18) explicam aproximadamente 52,43% da variância total dos dados.

Figura 18 – Análise de Componentes Principais (PCA) e Clusterização K-means de compostos bioativos e atividade antioxidante em grãos crus de dez cultivares de *Coffea canephora*.



Legenda: Biplot das cultivares agrupadas em dois grupos por K-means, com pontos médios representando cada cultivar. Os quadrantes são: 1 (superior direito: $x = 3, y = 3$), 2 (superior esquerdo: $x = -3, y = 3$), 3 (inferior esquerdo: $x = -3, y = -3$) e 4 (inferior direito: $x = 3, y = -3$).

Análise foi realizada para identificar padrões nos perfis químicos de dez cultivares de *Coffea canephora* com base em quatro compostos bioativos: trigonelina, ácidos clorogênicos, cafeína, e ácido cítrico, além dos resultados dos métodos de avaliação antioxidante FLAV, POL, e ORAC. A PCA permitiu visualizar a variabilidade entre os cultivares, destacando aqueles com perfis químicos semelhantes. A PCA é uma ferramenta útil amplamente utilizada para a análise multivariada de variáveis correlacionadas. Geralmente, é aplicada como um método de redução de dimensão, onde os poucos componentes principais que explicam a maior parte da variância total são testados para associação com um preditor de interesse, enquanto os componentes restantes não são analisados (Aschard *et al.*, 2014).

Os quadrantes resultantes do PCA (Figura 18) destacam diferentes padrões de influência dos compostos bioativos sobre as cultivares. No Quadrante 1 (superior direito), observa-se que cultivares como BRS 2314 são influenciadas por cafeína, ácido clorogênico e FLAV, caracterizando uma forte contribuição positiva tanto de PC1 quanto de PC2.

No Quadrante 2 (superior esquerdo), onde PC1 é negativo e PC2 positivo, as cultivares BRS 2357, BRS 2299 e BRS 1216 são impactadas principalmente por ORAC e ácido cítrico, evidenciando uma correlação inversa com PC1 e positiva com PC2.

O Quadrante 3 (inferior esquerdo) inclui cultivares como BRS 2336 e BRS 3220, que exibem características negativamente associadas tanto a PC1 quanto a PC2, com influência predominante de POL. A cultivar BRS 3137, situada entre os quadrantes 3 e 4, apresenta características intermediárias, sugerindo uma contribuição mista das variáveis analisadas.

Por fim, no Quadrante 4 (inferior direito), onde PC1 é positivo e PC2 negativo, cultivares como BRS 3213, BRS 3210 e BRS 3193 são influenciadas pela trigonelina, refletindo um perfil bioquímico distinto das demais.

A análise reflete a diversidade genética entre as amostras, como sugerido por (Muchie; Belete, 2022), destacando a contribuição relativa de cada variável para a variabilidade observada.

As setas no gráfico indicam a direção e a magnitude da influência de cada composto bioativo e resultados dos métodos de determinação de atividade antioxidantes, na separação dos cultivares nos diferentes quadrantes. As setas são, portanto, ferramentas visuais importantes para interpretar as relações no biplot e facilitar a análise dos dados de desempenho, como descrito por Yan (2001) em seu estudo sobre a aplicação do GGEBiplot em ensaios multiambientais.

A análise de PCA revelou uma correlação positiva significativa entre os teores de ácido clorogênico e flavonoides (FLAV), como evidenciado pela sobreposição das setas no gráfico.

Essa associação indica que cultivares com altos níveis de ácido clorogênico tendem a apresentar concentrações igualmente elevadas de flavonoides. Resultados semelhantes foram observados no *Crataegus pinnatifida* (espinheiro chinês), onde uma forte correlação entre esses compostos foi reportada por Cui *et al.* (2006), reforçando a relevância deste achado em diferentes matrizes vegetais.

Além disso, no Quadrante 1 da PCA, verificou-se uma correlação positiva entre os teores de cafeína e ácido clorogênico, corroborando os resultados de Kahiu *et al.* (2016), que demonstraram uma associação significativa entre as concentrações de cafeína e ácido clorogênico em amostras de café *Robusta* de Uganda. Esses achados sugerem uma interação bioquímica complexa entre esses compostos, que pode influenciar não apenas o perfil fitoquímico, mas também as propriedades organolépticas e funcionais dos grãos de café.

A técnica de clusterização K-means foi utilizada para agrupar as cultivares com base em suas similaridades bioquímicas identificadas pela análise de componentes principais (PCA). As adaptações no algoritmo permitiram reduzir a carga computacional sem comprometer a qualidade das soluções obtidas (Likas; Vlassis; Verbeek, 2003). Para determinar o número ideal de clusters, aplicou-se o Método do Elbow, que avalia a soma dos erros quadrados dentro dos clusters em função de diferentes valores de k (Shi *et al.*, 2020). O ponto de inflexão do gráfico, conhecido como “cotovelo”, onde a taxa de redução do erro diminui substancialmente, foi identificado como o número ótimo de clusters. Esse método equilibra a segmentação precisa dos grupos e a simplicidade do modelo, indicando que a formação de dois clusters representa de forma robusta a estrutura dos dados, o que está em consonância com os achados de Humaira e Rasyidah (2020).

Essa abordagem equilibra com precisão a segmentação dos grupos e a simplicidade do modelo, permitindo capturar de maneira robusta a estrutura dos dados analisados. Em particular, o uso de dois clusters mostrou-se ideal para representar as diferenças bioquímicas entre os cultivares, corroborando os achados de Humaira e Rasyidah (2020), que também observaram um comportamento semelhante ao aplicar essa técnica em estudos relacionados à variabilidade genética de cultivares.

O genótipo desempenha um papel fundamental nos teores de compostos bioativos e, conseqüentemente, na capacidade antioxidante do café verde (Rodrigues; Salva; Bragagnolo, 2015). A redução da dimensionalidade, por meio de técnicas específicas, possibilitou a formação de agrupamentos. As cultivares híbridas BRS 2314, BRS 3193, BRS 3210 e BRS 3213 tendem a apresentar valores mais elevados para ácido clorogênico, cafeína e trigonelina, resultando em

uma maior capacidade antioxidante mensurada pelos flavonoides totais (FLAV). Além deste grupo, também foi formado um agrupamento com as cultivares BRS 1216, BRS 2299, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137 e BRS 3220, que apresentam tendência a maiores valores para ácido cítrico e para atividade antioxidante medida pelas metodologias de polifenóis totais (POL) e ORAC.

5.5 Conclusões

As cultivares BRS 2314, BRS 3193, BRS 3210 e BRS 3213 se destacaram pelos elevados teores de ácido clorogênico, cafeína e trigonelina, associadas a uma maior capacidade antioxidante de flavonoides totais. Em contrapartida, as cultivares BRS 1216, BRS 2299, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137 e BRS 3220 apresentaram concentrações superiores de ácido cítrico e maior atividade antioxidante pela metodologias ORAC e polifenóis totais. Esses resultados consolidam o *Coffea canephora* como uma fonte relevante de compostos bioativos, com potencial estratégico para aplicações industriais e desenvolvimento sustentável na Amazônia.

6 DISCUSSÃO GERAL

O capítulo “*Centenários Desafios da Cafeicultura no Amazonas*” aborda as dificuldades enfrentadas pela produção de café no estado, como a falta de políticas consistentes, dificuldades logísticas, acesso a crédito e tecnologia, e a concorrência com outras regiões. Com o apoio governamental e assistência técnica, o setor pode alcançar seu pleno potencial e contribuir para o desenvolvimento rural da região.

No artigo publicado, intitulado “*Análise de compostos bioativos, ácidos orgânicos e parâmetros genéticos de dez cultivares de robustas amazônicas*”, foi demonstrado que características como o teor de cafeína possuem alta herdabilidade, evidenciando a importância da seleção genética para o aprimoramento da qualidade do café.

Os resultados confirmam que os níveis de cafeína nas cultivares de *C. canephora* estudadas são superiores aos observados em *C. arabica*, o que pode justificar a maior amargura associada ao café robusta. Entretanto, as concentrações relativamente baixas de ácidos clorogênicos em algumas cultivares, compostos tradicionalmente relacionados à adstringência e à menor qualidade sensorial, sugerem um potencial para a produção de cafés robusta de alta qualidade (Variyar *et al.*, 2003; Schenker; Rothgeb, 2017). Esse achado pode abrir caminho para a produção de cafés especiais que aliem a resistência natural do *C. canephora* às qualidades sensoriais desejadas pelo mercado consumidor.

O estudo destaca ainda a relevância da conservação e exploração sustentável dos recursos da Amazônia, com o *Coffea canephora* emergindo como uma espécie estratégica para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região. Essa pesquisa também reforça a necessidade de uma abordagem integrada, combinando a análise de compostos bioativos com a avaliação genética, de forma a maximizar o potencial das cultivares em contextos comerciais e ambientais (Ferrão *et al.*, 2023).

No artigo intitulado “*Café da Amazônia: Exploração da Potente Atividade Antioxidante e Compostos Bioativos*”, foi realizada uma análise detalhada da atividade antioxidante e do perfil bioquímico das cultivares. Os compostos bioativos, como trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína, foram destacados por sua importância nas indústrias alimentícia, farmacêutica, agropecuária e cosmética. O estudo identificou cultivares com maior potencial antioxidante, reforçando a Amazônia como uma nova fronteira na produção de ingredientes bioativos (Ferrão *et al.*, 2023).

A variabilidade observada, especialmente em compostos como trigonelina e ácido clorogênico, oferece insights cruciais para estratégias de melhoramento genético, visando tanto a estabilidade quanto a adaptabilidade. Essa abordagem é particularmente útil no desenvolvimento de híbridos que combinem a consistência na produção de compostos bioativos com a capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (Variyar *et al.*, 2003; Schenker; Rothgeb, 2017).

A caracterização dos compostos bioativos nas cultivares de *Coffea canephora* da Amazônia revela a complexidade e o imenso potencial inexplorado deste recurso natural. As variações significativas nos níveis de trigonelina, ácidos clorogênicos, cafeína e ácido cítrico refletem a rica diversidade genética dessas cultivares, o que é particularmente relevante para programas de melhoramento genético (Espindula *et al.*, 2019; Falconer, 1987). Essas características permitem o desenvolvimento de novos produtos com valor agregado, tanto no mercado de cafés especiais quanto na produção de ingredientes bioativos para outros setores industriais.

Cultivares com perfis bioquímicos diferenciados, não apenas exibem elevado potencial antioxidante, mas também fornecem uma base sólida para programas futuros de melhoramento genético, visando aumentar a consistência e a qualidade dos produtos finais (Espindula *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2014a).

Outro aspecto relevante abordado é o impacto ambiental da produção de *C. canephora* na Amazônia. A utilização de variedades clônicas adaptadas às condições regionais, como as estudadas neste trabalho, pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da produção de café. Isso facilita a recuperação de áreas degradadas e a preservação de ecossistemas frágeis (CONAB, 2024). Diante das mudanças climáticas globais, a capacidade de adaptação dessas cultivares torna-se um fator crucial para a continuidade da produção de café.

Em síntese, este estudo não apenas expande o conhecimento sobre as cultivares de *C. canephora* da Amazônia e parte da história da cafeicultura no Amazonas, como também revela o imenso potencial dessas plantas para o desenvolvimento de novos produtos com elevado valor agregado. A combinação de perfis bioquímicos favoráveis com a alta adaptabilidade das cultivares oferece uma oportunidade única para a região amazônica se destacar no mercado global de cafés especiais e ingredientes bioativos. Pesquisas futuras devem focar na aplicação desses compostos em diversos setores industriais e no aprofundamento das análises genéticas, visando maximizar o potencial dessas cultivares (Ribeiro *et al.*, 2014a; Ferrão *et al.*, 2023).

7 CONCLUSÕES GERAIS

A cafeicultura no Amazonas, apesar dos desafios históricos, revela um grande potencial inexplorado. As cultivares amazônicas de *Coffea canephora* destacam-se pela alta concentração de compostos bioativos e antioxidantes, abrindo amplas oportunidades para inovação e diversificação industrial. O estudo demonstra uma significativa diversidade genética entre as dez cultivares de café, especialmente em relação aos compostos bioativos e ácidos orgânicos. Essa variabilidade genética permite o aprimoramento de características específicas, como o teor de cafeína, em programas de melhoramento, impulsionando o desenvolvimento de produtos de café. Sustentabilidade e políticas públicas adequadas são essenciais para transformar a região em um polo de produção sustentável e inovador, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico regional e consolidando o Amazonas no mercado global de cafés especiais e bioprodutos.

REFERÊNCIAS

- A CRÍTICA, J. *O fim da crise do café: navio chega hoje com café e o povo espera nas filas*. 1968. 04 maio 1968. Disponível em: <<https://idd.org.br/jornais/o-fim-da-crise-do-cafe-em-manaus/primary>>.
- A CRÍTICA, J. *Muitas filas para pouco café*. 1971. 04 mar. 1971. Disponível em: <<https://idd.org.br/jornais/muitas-filas-para-pouco-cafe/primary>>.
- AGUIAR, A. T. E. *et al.* Diversidade química de cafeeiros na espécie *coffea canephora*. **Bragantia**, v. 64, p. 577–582, 2005.
- AHU. **Lista de cartas remetidas ao Conselho Ultramarino, na Monção de 1747 [...]**. 1747. Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). Cota atual: AHU_CU_BRASIL-GERAL, cx. 10, D. 948. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1223680>>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- AISSAOUI, M.; RAHMOUN, M. N.; LATRACHE, H.; BAREK, S.; ELASSRI, A.; BENSOUICI, C.; HACI, I. A. E.; CHOUKCHOU-BRAHAM, N. Structural characterization, antioxidant, and antibiofilm activities of *Coffea canephora* green seeds. **Journal of Complementary and Integrative Medicine**, v. 18, n. 1, p. 107–112, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1515/jcim-2020-0046>>.
- ALBUQUERQUE, L. R. C. **Mappa da Amazônia: demonstrando a navegação regular a vapor**. Rio de Janeiro, RJ: Imprensa Nacional, 1894. Mapa, col., 27 x 48cm em folha de 35 x 52 cm. Escala [ca. 1:29.870]. Disponível em: <http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_cartografia/cart172559/cart172559.jpg>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- AMARAL, L. **História geral da agricultura brasileira, no tríplice aspecto político-social-econômico**. 1958. Brasiliana. Disponível em: <<http://bdor.sibi.ufrj.br/handle/doc/456>>.
- AMAZONAS. **Portaria GS nº 1.746 de 21 de outubro de 1977. Constitui comissão julgadora dos trabalhos apresentados sobre os 250 anos do café no Brasil**. 1977. Amazonas: Diário Oficial de 04 nov. 1977, p. 4. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/5984#/p:4/e:5984?find=250%20anos%20de%20caf%C3%A9>>.
- _____. **Resolução nº 169, de 30 de dezembro de 1981. Aprova Proposição nº 79/81-SIC, relativa ao Estudo Técnico nº 01/81-SIC [...]**. 1982. 34 p. Diário Oficial do Estado do Amazonas. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/7019/#/p:3/e:7019>>.
- AMAZONAS, E. d. **Portaria nº 8, de 17 de julho de 1964. Anula, a partir de 25.06.64, a quota de café atribuída à firma Alcides Azevedo Cia**. 1964. Manaus: Instituto Brasileiro do Café. Diário Oficial de 21 jul. 1964, p. 2-3. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/2565/#/p:3/e:2565>>.
- _____. **Decreto Expediente do dia 05 de novembro de 1965. Designa comissão de inquérito administrativo para apurar irregularidades relativas à participação em contrabando de café**. 1965. Manaus: Secretaria de Fazenda do Estado do Amazonas. Diário Oficial de 05 nov.

1965, p. 2. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/jornal/2944/#/p:4/e:2944>>.

AMAZONAS, G. d. E. d. **Portaria nº 7, de 17 de julho de 1964. Cancela o total fornecimento de quota ao Moinho.** 1964. Diário Oficial do Estado do Amazonas. Edição de 21 de julho de 1964, p. 2. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/2565/#/p:2/e:2565>>.

AMAZONAS, S. S. de Estado de Produção Rural do. **Governo do Estado entrega 20,4 mil mudas de citros e café fomentando a expansão agrícola no primeiro trimestre de 2024.** SEPROR - Secretaria de Estado de Produção Rural do Amazonas, 2024. Acesso em: 11 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.sepror.am.gov.br/governo-do-estado-entrega-204-mil-mudas-de-citros-e-cafe-fomentando-a-expansao-agricola-no-primeiro-trimestre-de-2024/>>.

APARECIDO, L.; ROLIM, G.; MORAES, J.; VALERIANO, T.; LENSE, G. Maturation periods for coffea arabica cultivars and their implications for yield and quality in brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 10, p. 3880–3891, 2018. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jsfa.8905>>.

ASCHARD, H.; VILHJÁLMSSON, B.; GRELICHE, N.; MORANGE, P.; TRÉGOUËT, D.; KRAFT, P. Maximizing the power of principal-component analysis of correlated phenotypes in genome-wide association studies. **American Journal of Human Genetics**, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2014.03.016>>.

ASHIHARA, H. Trigonelline (n-methylnicotinic acid) biosynthesis and its biological role in plants. **Natural Product Communications**, SAGE Publications, v. 3, n. 9, p. 1934578X0800300906, 2008.

BAKURADZE, T.; LANG, R.; HOFMANN, T.; STIEBITZ, H.; BYTOF, G.; LANTZ, I.; BAUM, M.; EISENBRAND, G.; JANZOWSKI, C. Antioxidant effectiveness of coffee extracts and selected constituents in cell-free systems and human colon cell lines. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 54, n. 12, p. 1734–1743, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/mnfr.201000147>>.

BARROS, P. S.; PADULA, R.; SEVERO, L. W. **A integração Brasil-Venezuela e o eixo Amazônia-Orinoco.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2011. Acesso em: 11 nov. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4575/1/BEPI_n7_integracao.pdf>.

BASTOS, C. A.; LOPES, S. de N. Comercio, conflictos y alianzas en la frontera luso-española: Capitanía de río negro y provincia de maynas, 1780-1820. **Procesos: Revista Ecuatoriana de Historia**, v. 41, p. 83–108, 2015. Disponível em: <<https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/procesos/article/view/1792>>.

BELÉM, O. da Câmara de. **Carta dos Oficiais da Câmara da Cidade de Belém do Pará para o rei [...], 1739.** 1739. Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). Acesso em: 2 jul. 2024. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1212138>>.

BENCHIMOL, S. **Amazônia: um pouco-antes e além-depois.** Manaus: Umberto Calderaro, 1977.

BEROVIČ, M.; LEGIŠA, M. Citric acid production. **Biotechnology Annual Review**, v. 13, p. 303–343, 2007. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13011-8](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13011-8)>.

BICALHO, M. F. O rio de janeiro no século xviii: a transferência da capital e a construção do território centro-sul da américa portuguesa. **URBANA: Revista Eletrônica do Centro Interdisciplinar de Estudos sobre a Cidade**, v. 1, n. 1, p. 1–20, 2006.

BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. **Annals of Botany**, v. 91(Special Issue), p. 179–194, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/aob/mcf118>>.

BND, B. N. d. **Acervo da BN - Álbum Souvenirs de Rio de Janeiro de J. Steinmann**. 2024. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://bndigital.bn.gov.br/artigos/acervo-da-bn-album-souvenirs-de-rio-de-janeiro-de-j-steinmann/>>.

_____. **Gravuras de Friedrich Salathé das plantações de Café na cidade do Rio de Janeiro**. 2024. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://bndigital.bn.gov.br/exposicoes/rio-cidade-paisagem/friedrich-salathe/>>.

BRANCO, J. A. C. **Ofício do Governador e Capitão-General do Estado do Maranhão e do Pará [...]**. 1744. Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). Cota atual: AHU_CU_Para, cx. 27, D. 2582. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1212595>>.

BRASIL. **Lei de 28 de agosto de 1830. Concede privilégio ao que descobrir, inventar ou melhorar uma indústria**. 1830. Rio de Janeiro. Acesso em: 16 jun. 2024. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/lim-28-8-1830.htm>.

_____. **Decreto nº 746, de 24 de dezembro de 1850. Concede a Roberto João Ripper de Castro privilégio exclusivo por dez anos para o fabrico e venda**. Câmara dos Deputados, 1850. Palácio do Rio de Janeiro. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-746-21-dezembro-1850-560177-publicacaooriginal-82802-pe.html>>.

_____. **Decreto nº 746, de 24 de dezembro de 1850. Concede a Roberto João Ripper de Castro privilégio exclusivo por dez anos para o fabrico e venda [...]**. 1850. Câmara dos Deputados, Brasil: Palácio do Rio de Janeiro. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-746-21-dezembro-1850-560177-publicacaooriginal-82802-pe.html>>.

_____. **Lei nº 582, de 05 de setembro de 1850. Eleva a Comarca do Alto Amazonas, na Província do Grão Pará, à categoria de Província**. Câmara dos Deputados, 1850. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/leimp/1824-1899/lei-582-5-setembro-1850-559821-publicacaooriginal-82232-pl.html>>.

_____. **Decreto nº 3.920, de 31 de julho de 1867. Manda observar o Regulamento para a navegação do rio Amazonas e seus afluentes e do S. Francisco**. 1867. Palácio do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-3920-31-julho-1867-554152-publicacaooriginal-72597-pe.html>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

_____. **Decreto nº 22.452, de 10 de fevereiro de 1933. Cria o Departamento Nacional do Café e extingue o Conselho Nacional do Café, e dá outras providências**. Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1933. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-22452-10-fevereiro-1933-514936-publicacaooriginal-1-pe.html>>.

____. **Decreto-Lei nº 1.059, de 19 de janeiro de 1939. Orça a receita destinada ao "Plano Especial de Obras Públicas e aparelhamento da Defesa Nacional".** Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1939. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1059-19-janeiro-1939-349209-publicacaooriginal-1-pe.html>>.

____. **Decreto-Lei nº 1.245, de 04 de maio de 1939. Cria o Instituto Agrônomo do Norte, subordinado ao Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas, do Ministério da Agricultura.** Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1939. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1245-4-maio-1939-349137-publicacaooriginal-1-pe.html>>.

____. **Lei nº 1.779, de 22 de dezembro de 1952. Cria o Instituto Brasileiro do Café, e dá outras providências.** Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1952. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-1779-22-dezembro-1952-366795-publicacaooriginal-1-pl.html>>.

____. **Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960. Cria os Ministérios da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia, e dá outras providências.** 1960. Brasília: Presidência da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/13782.htm>.

____. **Decreto nº 60.900, de 26 de junho de 1967. Dispõe sobre a vinculação das entidades da Administração Indireta e dá outras providências.** Brasília: Presidência da República, 1967. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D60900.htm>.

____. **Decreto nº 99.240, de 07 de maio de 1990. Dispõe sobre a extinção de autarquias e fundações públicas, e dá outras providências.** 1990. Brasília: Presidência da República. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99240.htm>.

____. **Lei nº 8.029, de 12 de abril de 1990. Dispõe sobre a extinção e dissolução de entidades da administração Pública Federal, e dá outras providências.** 1990. Brasília: Presidência da República. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8029cons.htm>.

____. **Galeria de Ex-Presidentes do Reino Unido (1815-1822).** Câmara dos Deputados, 2024. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/a-camara/conheca/presidentes/reinounido.html#:~:text=16.12.1815%20%2D%20No%20Rio%20de,sendo%20mantida%20a%20mesma%20bandeira.>>>

CALDAS, J. P. **Ofício do Governador e Capitão General do Estado do Pará e do Rio Negro.** 1775. Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). Disponível em: <https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1216264>. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1216264>>.

____. **Ofício do encarregado das demarcações do Rio Negro e Capitão-Geral [...].** 1781. Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). Cota atual: AHU_CU_RIO NEGRO, Cx. 4, D. 224, 22/07/1781. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1360948>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

CAMPUZANO, L. *et al.* Oportunidades econômicas do café robusta na América Latina. **Revista de Economia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 125–135, 2021.

CARDOSO, J. L. The liberal revolution of 1820: Script of an unfinished revolution. **Almanack**, 2022. Accessed: 11 Nov. 2024.

CARDOSO, J. S. Natureza e comércio no norte do Brasil: o “discurso sobre os gêneros para o comércio, que há no Maranhão e Pará”. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 29, p. 245–259, 2022.

CARVALHO, A.; KRUG, C. A.; MONACO, L. C.; SIQUEIRA, D. L. **The genetic improvement of coffee**. [S.l.]: Interscience Publishers, 1965.

CASSIA, M.; SILVA, R.; CHIORDEROLLI, C.; NORONHA, R.; SANTOS, E. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, v. 43, p. 28–34, 2013. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000148>>.

CASTRO, L. F. P. de. Colonialismo e acumulação por espoliação: Panoramas conceituais e o contexto de terras no Brasil. **Revista Panoramas**, Universidade de São Paulo, v. 18, p. 45–67, 2021. Acesso em: 11 Nov. 2024. Disponível em: <https://www.academia.edu/69973254/Colonialismo_e_Acumula%C3%A7%C3%A3o_Por_Espolia%C3%A7%C3%A3o_Panoramas_Conceituais_e_O_Contexto_De_Terras_No_Brasil>.

CHAMBOULEYRON, R. Escravos do Atlântico Equatorial: tráfico negreiro para o estado do Maranhão e Pará (século XVII e início do século XVIII). **Revista Brasileira de História**, v. 26, n. 52, p. 79–114, dezembro 2006. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbh/a/hT5MH7wqWvyKthr5CnTGdQS/?lang=pt#>>.

CHEN, Y. X.; HE, Y. F.; LUO, Y. M.; YU, Y. L.; LIN, Q.; WONG, M. H. Physiological mechanism of plant roots exposed to cadmium. **Chemosphere**, v. 50, n. 6, p. 789–793, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00214-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00214-8)>.

COMMERCIO, J. d. **Brasileiros de todas as partes nas terras do Juma**. 1984. 14 mar. 1984. Disponível em: <https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=170054_02&pesq=cafe&hf=bndigital.bn.br&pagfis=8142>.

_____. **Tudo dá bem nas terras do Juma**. 1984. Edição 33215 (2). Disponível em: <https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=170054_02&pesq=cafe&hf=bndigital.bn.br&pagfis=8214>.

_____. **Aumenta a produção de arroz**. 1985. P. 3. Disponível em: <https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=170054_02&pesq=cafe&hf=bndigital.bn.br&pagfis=14315>.

_____. **Café**. 1988. P. 2. Disponível em: <https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=170054_02&pesq=cafe&hf=bndigital.bn.br&pagfis=33515>.

_____. **Emater-AM afirma: área plantada cresceu 11.000 ha em 12 meses**. 1988. P. 7. Disponível em: <https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=170054_02&pesq=cafe&hf=bndigital.bn.br&pagfis=33648>.

_____. **Braga diz que as famílias estão falidas em Apuí**. 1998. Disponível em: <https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=170054_02&pesq=cafe&hf=bndigital.bn.br&pagfis=82258>.

CONAB, C. N. d. A. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2017**. 2017. Brasília, DF: CONAB. 82 p.

_____. **Estimativa da safra de café para 2024**. 2024. Relatório Conab. Acesso em: 18 set. 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/estimativa-safra-cafe-2024>>.

COSTA, D. M. Ecoarqueologia histórica na amazônia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 52, 2019. ISSN 2176-9109. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/70010/40177>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2014. 668 p.

CUI, T.; LI, J.; KAYAHARA, H.; MA, L.; WU, L.; NAKAMURA, K. Quantification of the polyphenols and triterpene acids in chinese hawthorn fruit by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4574–4581, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf060310m>>.

DANIEL, J. **Thesouro descoberto no máximo Rio Amazonas - Quinta parte (manuscrito)**. Rio de Janeiro: Imprensa Régia, 1820. 151 p. Disponível em: <https://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_obrasraras/bndigital1362/bndigital1362.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2024.

DARKE, S.; KHAN, O. P. Coloniality, just war & carceral injustice in brazil. **Punishment & Society**, SAGE Publications, Sage UK: London, England, v. 23, n. 5, p. 723–740, 2021. Accessed: 11 Nov. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/14624745211041849>>.

DAUMIER, H. **Caricatura: 1 gravura : litografia aquarelada. Publicada no jornal "La Caricature", de 11 de Julho**. 1999. Biblioteca Nacional de Lisboa. Referência: BN - Garrett político. Disponível em: <<https://purl.pt/5206>>.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (oracfluorescein) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 1, p. 48–54, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf0349825>>.

DEAN, W. **A botânica e a política imperial: introdução e adaptação de plantas no Brasil colonial e imperial**. 1992. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/deanbotanicaimperial.pdf>>.

DOA, D. O. d. E. d. A. **Manáos, Sexta-feira, 14 de Dezembro de 1894. N. 308. Anno II**. 1894. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://memoria.bn.br/pdf/028843/per028843_1894_00308.pdf>.

_____. **Mensagem à Assembleia Legislativa apresentada pelo Governador do Estado do Amazonas [...]. Manaus 16 de mar. 1960. (Número 19141)**. 1960. Manaus. Acesso em: 2 jul. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/1307/#/p:1/e:1307>>.

_____. **Relatório da Diretoria referente ao exercício de 1960 [...]. Amazonas: Companhia de Abastecimento Alimentar do Amazonas S. A., 15 mar. 1961**. 1961. Manaus. Acesso em: 3 jul. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/1596/#/p:2/e:1596>>.

_____. **Despacho s/nº**. 1973. 2 p. Amazonas: Chefe da Casa Civil. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/4883/#/p:2/e:4883>>.

_____. **Edital de citação com prazo de trinta dias**. 1975. 18 p. Amazonas: 11ª Vara Cível da Comarca de Manaus. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/5466/#/p:18/e:5466>>.

_____. **Despacho s/nº**. 1976. 6 p. Amazonas: Gabinete do Executivo. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/5704/#/p:6/e:5704>>.

_____. **Ata da Assembleia Geral extraordinária dos acionistas da Agropecuária, Aruanã S/A**. 1977. 20 p. Amazonas: Agropecuária Aruanã. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/5849/#/p:20/e:5849>>.

_____. **Alteração contratual da Empresa Dermeval Ltda**. 1978. Amazonas, 02 maio 1978, p. 8. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/6061/#/p:8/e:6061>>.

_____. **Decisão s/nº**. 1978. Manaus: Consultoria Tributária, 10 out. 1978, p. 6. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/6173/#/p:6/e:6173>>.

_____. **Certidão nº 1623/79**. 1979. Manaus: 01 de jun. 1979, p. 3. Acesso em: 24 ago. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/6463/#/p:23/e:6463>>.

_____. **Requerimento 400, de 28 de maio de 1979**. 1979. Manaus: 01 de jun. 1979, p. 3. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/6330#/p:27/e:6330?find=obras%20da%20estrada%20L%C3%81BREA-BOCA%20DO%20ACRE>>.

_____. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**. 1983. 5 p. Diário Oficial do Estado do Amazonas. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/7449/#/p:5/e:7449>>.

_____. **Subprograma de apoio e incentivo à pesquisa**. Manaus: [s.n.], 1983. 7 p. <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/7449/#/p:7/e:7449>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

DUBBERSTEIN, D. *et al.* Biometric traits as a tool for the identification and breeding of coffee canephora genotypes. **Genetics and Molecular Research**, v. 19, p. gmr18541, 2020.

ESPINDULA, M. C.; FILHO, O. G.; PEREIRA, S. P.; RESENDE, R. S. Melhoramento genético do café conilon: histórico e evolução. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 176–182, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n3p176-182>>.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

FALUBA, J. S. *et al.* Genetic potential of maize population ufv 7 for breeding in minas gerais. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1250–1256, 2010.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, SciELO, v. 18, n. 1, p. 23–36, 2006.

FARAH, A.; LIMA, A. G. Organic acids. In: FARAH, A. (Ed.). **Coffee: Production, Quality and Chemistry**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2019. cap. 22, p. 517–542.

FARIA, W. C. S.; PETRY, F. C.; BARROS, W. M. D.; MOURA, W. d. M.; CONCEICAO, E. C. d.; BRAGAGNOLO, N. Effect of solid-liquid extraction on the bioactive content and reducing capacity of the green coffee fruit. **Separation Science and Technology**, v. 56, n. 7, p. 1211–1224, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01496395.2020.1774607>>.

FASSIO, L. O. *et al.* Sensory description of cultivars (*coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages**, v. 2, p. 1–12, 2016.

FERRÃO, M.; FONSECA, A.; VOLPI, P.; SOUZA, L.; COMERIO, M.; FILHO, A.; RIVA-SOUZA, E.; MUÑOZ, P.; FERRÃO, R.; FERRÃO, L. Genomic-assisted breeding for climate-smart coffee. **The Plant Genome**, p. e20321, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/tpg2.20321>>.

FERRÃO, R. G. *et al.* Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61–69, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. In: LAVRAS. **Revista symposium**. [S.l.], 2008. v. 6, n. 2, p. 36–41.

FONSECA, A. A. da. **Reformismo ilustrado e política colonial: negociações e resistência na Capitania do Rio Negro (1751-1798)**. Tese (Doutorado) — Tese (Doutorado em História Social)–Programa de Pós-Graduação em História . . . , 2016.

FREIRE, A. **Ofício do Governador e Capitão-General do Estado do Maranhão. 1730**. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1211206>>.

FROST-MEYER, N. J.; LOGOMARSINO, J. V. Impact of coffee components on inflammatory markers: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 819–830, 2012.

FURTADO, X. M. **Ofício do governador do Estado do Grão-Pará e Maranhão ao [...]. 1755**. Arquivo Histórico Ultramarino. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1360753>>. Acesso em: 3 jul. 2024.

GALUCH, M. V.; MENEZES, T. C. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de apuí (sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 388–412, 2020. Acesso em: 11 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/5999/599963212009/599963212009.pdf>>.

GARAMBONE, E.; ROSA, G. Possíveis benefícios do ácido clorogênico à saúde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, p. 229–235, 2008.

GOMES, J. O vintismo, as cortes de Lisboa e a independência do Brasil. **História: Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, 2022. Accessed: 11 Nov. 2024.

GOMES, W. S.; PARTELLI, F. L. *Coffea canephora* no brasil e seus aspectos produtivos. In: _____. **Café conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo**. Alegre, ES: CAUFES, 2021. cap. 5, p. 65–73.

GÓMEZ-GONZÁLEZ, J. S. Spanish and portuguese commerce and contraband in the amazonian borderlands. **Oxford Research Encyclopedia of Latin American History**, 2022. Accessed: 11 Nov. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199366439.013.931>>.

Governador Visita Embrapa. **Governador Visita Embrapa**. 1980. 2 p. Diário Oficial do Amazonas. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://diario.imprensaoficial.am.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/6534/#/p:2/e:6534>>.

GREGÓRIO, V. M. Dividindo o grão-pará: os debates para a criação da província do rio negro na câmara dos deputados, 1826-1828. **O Almanaque**, v. 1, p. 137–152, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/alm/a/wxRCjqBj9T5pcsx5Kw4GgsB/>>.

HANDAYANI, R.; MUCHLIS, F. Revisão manfaat asam klorogenat dari biji kopi (café) sebagai bahan baku kosmetik. **Fitofarmaka: Jurnal Ilmiah Farmasi**, v. 11, n. 1, p. 43–50, 2021.

HEČIMOVIĆ, I. *et al.* Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. **Food Chemistry**, v. 129, p. 991–1000, 2011.

HERMAN, A.; HERMAN, A. P. Caffeine's mechanisms of action and its cosmetic use. **Skin Pharmacology and Physiology**, S. Karger AG, v. 26, n. 1, p. 8–14, 2012. Disponível em: <<https://karger.com/spp/article-abstract/26/1/8/305119/Caffeine-s-Mechanisms-of-Action-and-Its-Cosmetic?redirectedFrom=fulltext>>.

HOHLFELDT, A.; GRABAUSKA, F. Pioneers of the press in mozambique: João albasini and his brother. **Brazilian Journalism Research**, v. 6, n. 1, 2010. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://bjr.sbpjor.org.br/bjr/article/view/234>>.

_____. Pioneers of the press in mozambique: João albasini and his brother. **Brazilian Journalism Research**, v. 6, n. 1, 2010. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://bjr.sbpjor.org.br/bjr/article/view/234>>.

HUMAIRA, H.; RASYIDAH, R. Determining the appropriate cluster number using elbow method for k-means algorithm. **[Nome do Jornal]**, 2020.

IAN. **Instituto Agrônomo do Norte: histórico, objetivo, organização, pesquisas [Brochura]**. Embrapa Eastern Amazon, 1962. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/374610/instituto-agronomico-do-norte-historico-objetivo-organizacao-pesquisas>>.

IB, I. B. **Órgão oficial da Comissão Central comemorativa do 2º. Centenário do Cafeeiro no Brasil**. 1927. Diretores: Álvaro Moreyra, J. Carlos, Antônio A. de Souza e Silva. Rio de Janeiro: Rua do Ouvidor, 164. Disponível em: <https://memoria.bn.br/pdf/107468/per107468_1927_00085.pdf>.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1821–1835, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>>.

INCRA. **Manual da Declaração para Cadastro de Imóveis Rurais (DCR)**. [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://sncr.serpro.gov.br/dcr/public/downloads/ajuda/manualDCR.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

IQBAL, S.; PERVEEN, S.; MOHIUDDIN, S. Antioxidant studies of citric acid and citrus fruits towards paraquat by cyclic voltammetry: An antidote of paraquat poisoning. **Pak J Pharm Sci**, v. 33, n. 1(Supplementary), p. 263–267, 2020.

JESUS, A. B. C.; NETO, T. O.; SILVA, F. B. A. Rede urbana e frentes pioneiras no sul do amazonas: rodovias transamazônica (br-230) e manaus-porto velho (br-319). **Boletim Paulista de Geografia**, n. 108, p. 132–148, 2022. ISSN 2447-0945. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/2864/2207>>.

JESZKA-SKOWRON, M.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A.; GRZEŚKOWIAK, T. Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. **European Food Research and Technology**, v. 242, n. 11, p. 2001–2011, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00217-016-2705-4>>.

JHAM, G. N.; FERNANDES, S. A.; GARCIA, C. F.; SILVA, A. A. d. Comparison of gc and hplc for the quantification of organic acids in coffee. **Phytochemical Analysis**, Wiley Online Library, v. 13, n. 2, p. 99–104, 2002.

JOBIM, A. **O Amazonas: sua história (ensaio antropogeográfico e político)**. [S.l.]: Brasiliانا, 1957.

Jornal do Amazonas. **Defende a causa da Verdade, da Justiça, do Progresso e da Civilização (AM) - 1875 a 1889**. 1875. Ano 1875, Edição 00044 (1). Acesso em: 24/08/2024. Disponível em: <<http://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=260940&Pesq=caf%c3%a9&pagfis=126>>.

_____. **Jornal do Amazonas: Defende a causa da Verdade, da Justiça, do Progresso e da Civilização (AM) - 1875 a 1889**. 1875. Ano 1875, Edição 00002 (1), 4 de abril de 1875. Disponível em: <<https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=260940&Pesq=caf%c3%a9&pagfis=2>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

_____. **Jornal do Amazonas: Defende a causa da Verdade, da Justiça, do Progresso e da Civilização (AM) - 1875 a 1889. Ano 1875, Edição 00017 (1)**. 1875. Disponível em: <<http://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=260940&Pesq=caf%Ã&pagfis=24>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

_____. **Jornal do Amazonas: Defende a causa da Verdade, da Justiça, do Progresso e da Civilização (AM) - 1875 a 1889. Ano 1875, Edição 00043 (1)**. 1875. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<http://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=260940&Pesq=caf%Ã&pagfis=121>>.

JUNIOR, F. C.; LIMA, A. F.; SILVA, J. L. The impact of climate change on global coffee production. **Agricultural Sciences**, v. 14, n. 3, p. 210–219, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.4236/as.2023.143016>>.

KAHIU, N.; THIERRY, L.; MAGALI, D.; FOURNY, G.; PINARD, F.; OMARIA, R.; DAVRIEUX, F.; ALUKA, P. The diversity of green bean biochemical compounds in robusta coffee (*coffea canephora pierre ex a. froehner*) as evaluated by near infrared spectroscopy. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 1–13, 2016.

- KHALILI, M.; ALAVI, M.; ESMAEIL-JAMAAT, E.; BALUCHNEJADMOJARAD, T.; ROGHANI, M. Trigonelline mitigates lipopolysaccharide-induced learning and memory impairment in the rat due to its anti-oxidative and anti-inflammatory effect. **International Immunopharmacology**, v. 61, p. 355–362, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.06.019>>.
- KIM, Y.; CHOI, Y.; SANO, H. Plant vaccination: Stimulation of defense system by caffeine production in planta. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, p. 489–493, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.4161/psb.11087>>.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, n. 5, p. 837–845, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00847.x>>.
- KOSHIRO, M. C. *et al.* Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of coffea arabica and coffea canephora fruits. **European Chemical Bulletin**, v. 4, p. 378–383, 2015.
- KUNDU, A.; VADASSERY, J. Chlorogenic acid-mediated chemical defence of plants against insect herbivores. **Plant Biology**, v. 21, n. 2, p. 185–189, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/plb.12947>>.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Wild fruits and pulps of frozen fruits: Antioxidant activity, polyphenols, flavonoids, anthocyanins and ascorbic acid content. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 664–669, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000400015>>.
- KY, C. L. *et al.* Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild coffea arabica l. and c. canephora p. accessions. **Food Chemistry**, v. 75, p. 223–230, 2001.
- LAMBROS, T. J.; TRAN, V. H.; FEI, W.; NICOLAOU, K. C. Pharmaceutical excipients: Properties and applications in drug formulations. **Chemical Reviews**, v. 122, n. 5, p. 4669–4722, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00801>>.
- LASKAR, B. I.; ACHUMI, V. H. Changes in agricultural and cultural practices among the sumi nagas: A sociological study. **Journal of Adivasi and Indigenous Studies**, v. 12, n. 2, 2022.
- LEILÕES, B. C. **Grande Exposição do Café: 2º Centenário do Cafeeiro no Brasil**. [S.l.]: BV Colecionismo Leilões, 2024. Cartaz publicitário. Recuperado de <https://d1o6h00a1h5k7q.cloudfront.net/imagens/img_g/1879/676362.jpg>.
- LEITE, A. **Pequena história da Casa Verde: obra enriquecida de muitas & variadas notas que esclarecem o texto & fallam de outras cousas, a qual escreveu**. São Paulo de Piratininga: Elvino Pocaí, 1939.
- LETICIA, A. N.; SILVA, R. J.; OLIVEIRA, F. M. Análise de compostos bioativos em grãos verdes de *Coffea canephora*. **Journal of Coffee Research**, v. 58, n. 4, p. 235–245, 2022.
- LEVER, J.; KRZYWINSKI, M.; ALTMAN, N. Points of significance: Principal component analysis. **Nature methods**, Nature Publishing Group, v. 14, n. 7, p. 641–643, 2017.
- LIANG, N.; KITTS, D. Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. **Nutrients**, v. 8, p. 1–16, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/nu8010016>>.

LIANG, N.; XUE, W.; KENNEPOHL, P.; KITTS, D. D. Interactions between major chlorogenic acid isomers and chemical changes in coffee brew that affect antioxidant activities. **Food Chemistry**, v. 213, p. 251–259, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616309347>>.

LIKAS, A.; VLASSIS, N.; VERBEEK, J. The global k-means clustering algorithm. **Pattern Recognition**, v. 36, p. 451–461, 2003.

LIMA, A. L.; DAMATTA, F. M.; PINHEIRO, H. A.; TÓTOLA, M. R.; LOUREIRO, M. E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, n. 3, p. 239–247, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00130-7](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00130-7)>.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 4. ed. Long Beach, California: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

LIU, S.; XU, Y.; WANG, J. Relationship between river basin economic system opening-up and sustainable development: International experiences and implications for the yellow river basin high-quality development. **Resources Science**, v. 42, n. 3, 2020. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www.resci.cn/CN/10.18402/resci.2020.03.03>>.

LIU, Y.; ZHANG, W.; WANG, L.; CHEN, W.; WANG, Y. Recent progress on bioactive compounds in fruits and vegetables: Chemistry, biology, and omics. **Food Chemistry**, v. 390, p. 133202, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133202>>.

MACEDO, D. R. **Discurso sobre a transplantação das plantas de especiarias da Ásia para a América ou nossos Brasis**. 1633. Manuscritos do Brasil 1550/1810, série Obras de Duarte Ribeiro de Macedo. Arquivo Nacional da Torre do Tombo, Lisboa, p. 45. Disponível em: <<https://digitarq.arquivos.pt/details?id=4248606>>. Acesso em: 8 maio 2020.

MACRAE, R. Nitrogenous components. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee chemistry**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1985. v. 1, p. 115–152.

MAGALHÃES, B. **O café na história, no folclore e nas belas-artes**. 1939. Disponível em: <<https://digital.bbm.usp.br/handle/bbm/3906>>.

MARCOLAN, A. L. *et al.* **Cultivo dos cafeeiros conilon e robusta para Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia/Emater - RO, 2009. 67 p.

MARQUESE, R. B. As origens de brasil e java: trabalho compulsório e a reconfiguração da economia mundial do café na era das revoluções, c. 1760-1840. **História (São Paulo)**, v. 34, p. 108–127, 2015.

MARQUESE, R. de B. Luso-brazilian enlightenment and the circulation of caribbean slavery-related knowledge: the establishment of the brazilian coffee culture from a comparative perspective. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Casa de Oswaldo Cruz, v. 16, n. 4, p. 855–880, 2009. Accessed: 11 Nov. 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/tB9bYKf8QWY8BWTP9VR64MR/?lang=en>>.

MARTIN, P.; KRAEMER, H. Individual differences in behaviour and their statistical consequences. **Animal Behaviour**, v. 35, n. 5, p. 1366–1375, 1987. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(87\)80009-X](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(87)80009-X)>.

MARTÍNEZ, G.; REGENTE, M.; JACOBI, S.; RIO, M.; PINEDO, M.; CANAL, L. Chlorogenic acid is a fungicide active against phytopathogenic fungi. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 140, p. 30–35, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.05.012>>.

MARTINS, A. L. **História do café**. São Paulo: Editora Contexto, 2008. E-book. ISBN 9788572445276. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788572445276/>>. Acesso em: 28 mar. 2024.

MARTINS, G. S.; MOURA, G.; RAMALHO, M.; GONÇALVES, F. Performance of eucalyptus clones in auto and allocompetition. **Silvae Genetica**, v. 63, n. 1-6, p. 9–14, 2014.

MATHESIUS, U. Flavonoid functions in plants and their interactions with other organisms. **Plants**, v. 7, n. 2, p. 30, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/plants7020030>>.

MATOS, F. L. A. Os administradores da companhia geral do grão-pará e maranhão: negócios, conflitos e privilégios (1755-1777). **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP)**, v. 10, n. 1, p. 126–148, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.17648/ihgp.v10i1.58>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

MAZZAFERA, P. Which is the by-product: caffeine or decaf coffee? **Food and Energy Security**, v. 1, n. 1, p. 70–75, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/FES3.4>>.

MILLS, C.; ORUÑA-CONCHA, M.; MOTTRAM, D.; GIBSON, G.; SPENCER, J. The effect of processing on chlorogenic acid content of commercially available coffee. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3335–3340, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.014>>.

MONTAGNON, C. *et al.* Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *coffea canephora*. **Plant Breeding**, v. 117, p. 576–578, 1998.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, v. 28, p. 637–641, 2005.

MUCHIE, G. G.; BELETE, D. A. Principal component analysis for seven quantitative traits of different rice (*oryza sativa* L.) genotypes tested at pawe, northwestern ethiopia. **International Journal of Scholarly Research and Reviews**, v. 01, n. 01, p. 009–016, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.56781/ijssr.1.1.0022>>.

MULTIRIO. **A vida na corte e as transformações na cidade do Rio de Janeiro**. 2024. Accessed: 11 Nov. 2024. Disponível em: <<https://multirio.rio.rj.gov.br/index.php/historia-do-brasil/brasil-monarquico/8854-a-vida-na-corte-e-as-transformacoes-na-cidade-do-rio-de-janeiro>>.

NERY, F. J. S. A. **O país das amazonas**. 3ª ed.. ed. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2018. v. 246. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www2.senado.gov.br/bdsf/handle/id/574200>>.

NETO, J. M. B. Rios de liberdade: os escravos e suas fugas fluviais na amazônia brasileira (século XIX). **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v. 8, n. 2, p. 100–123, 2021.

NUNES, C. A.; FREITAS, M. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, SciELO Brasil, v. 23, p. 2003–2010, 2012.

NURKSE, R. **Problems of Capital Formation: In Underdeveloped Countries**. Oxford: Blackwell Publishers, 1966.

O Auxiliador da Industria Nacional. **Collecção de memorias e Noticias interessantes (RJ) - 1833 a 1896**. 1878. Biblioteca Nacional Digital. Rio de Janeiro, 1878. Edição 00001. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=302295&pagfis=22345>>.

O Auxiliador da Indústria Nacional. **Valor oficial da produção agrícola do Brazil no quinquenio de 1880 a 1885**. 1886. Biblioteca Nacional Digital. Edição 00055 (10), p. 140. Disponível em: <<https://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=302295&pagfis=25020>>.

OLIVEIRA, A. E. São João - povoado do rio negro (1972). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Nova Série, Antropologia**, n. 58, p. 1–56, maio 1975. Acesso em: 13 jun. 2024. Disponível em: <<https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/429>>.

OLIVEIRA, A. N. d.; AMARAL, I. L. d. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na amazônia central, amazonas, brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 21–34, 2004.

OLIVEIRA, S.; AQUINO, C. de; KIWUKA, R.; TOURNEBIZE, C.; GAIN, C.; MARRACCINI, P.; MARIAC, C.; BETHUME, K.; COUDERC, M.; CUBRY, P.; ANDRADE, A. C.; LEPELLEY, M.; DARRACQ, O.; CROUZILLAT, D.; ANTEN, N. P. R.; MUSOLI, P.; VIGOUROUX, Y.; KOCHKO, A. de; MANEL, S.; FRANÇOIS, O.; PONCET, V. Adaptive potential of *Coffea canephora* from uganda in response to climate change. **Molecular Ecology**, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/mec.16360>>.

ORIENTAL, E. A. **Herbário IAN**. 2024. Acesso em: 12 nov. 2024. Disponível em: <<http://ppbio.museu-goeldi.br/?q=pt-br/herbário-ian-embrapa-amazônia-oriental>>.

PAPAVERO, N.; CHIQUIERI, A.; TEIXEIRA, D. M. **A viagem de Francisco Xavier Ribeiro de Sampaio à Capitania de S. José do Rio Negro (1774-1775) (MS do Arquivo Ultramarino de Lisboa)**. São Paulo: NEHiLP/FFLCH/USP, 2015. Livro eletrônico. Disponível em: <https://www.usp.br/nehilp/arquivosdonehilp/NEHiLP_11.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2024. ISBN 978-85-7506-266-1.

PAPAVERO, N.; TEIXEIRA, D. M.; OVERAL, W. L. Notas sobre a história da zoologia do brasil. 2. as viagens de francisco de melo palheta, o introdutor do cafeeiro no brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Zoologia**, 2001.

PARTELLI, F. L.; SOUZA, D. M.; OLIVEIRA, A. C. Tendências e desafios da cafeicultura diante das mudanças climáticas. **Agroecology Today**, v. 18, n. 1, p. 45–55, 2024.

PERDANI, C. G.; PRANOWO, D.; QONITATILAH. Total phenols content of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*) in east java. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREEN AGRO-INDUSTRY AND BIOECONOMY, Universitas Brawijaya, East Java, Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. East Java, Indonesia: IOP Publishing, 2019. v. 230, n. 1, p. 012093. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/230/1/012093>>.

PEREIRA, L. L. *et al.* Improvement of the quality of brazilian conilon through wet processing: A sensorial perspective. **Agricultural Sciences**, v. 10, p. 395–411, 2019.

POURCEL, L.; ROUTABOUL, J. M.; CHEYNIER, V.; LEPINIEC, L.; DEBEAUJON, I. Flavonoid oxidation in plants: From biochemical properties to physiological functions. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 1, p. 29–36, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.11.006>>.

PÓVOAS, J. M. **Ofício do Governador da Capitania do rio Negro ao Secretário de Estado da Marinha**. 1761. Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). Conselho Ultramarino. Cota atual: AHU_CU_Rio Negro, c. 2, D. 103. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1360827>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2023. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RADAMBRASIL, P. **Folha SA. 20 Manaus: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: O Projeto, 1978. v. 18. (Levantamento de recursos naturais, v. 18). Inclui análise estatística de dados e bibliografia. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24035_a.pdf>.

RAKOCEVIC, M.; BARONI, D. F.; SOUZA, G. A. R. de; BERNADO, W. P.; ALMEIDA, C. M. de; MATSUNAGA, F. T.; RODRIGUES, W. P.; RAMALHO, J. C.; CAMPOSTRINI, E. Correlating *Coffea canephora* 3d architecture to plant photosynthesis at a daily scale and vegetative biomass allocation. **Tree Physiology**, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/treephys/tpac138>>.

RAMIRO, L. **1763 - Transferência da capital do Vice-Reino do Brasil para o Rio de Janeiro**. 2020. <<https://tinyurl.com/2fewsydd>>. Acesso em: 17 set. 2024.

RAMOS, A. R. F. A escravidão do indígena, entre o mito e novas perspectivas de debates. **Revista de Estudos e Pesquisas**, FUNAI, Brasília, v. 1, n. 1, p. 241–265, 2004. Acesso em: 11 nov. 2024. Disponível em: <https://www.mpba.mp.br/sites/default/files/biblioteca/direitos-humanos/populacao-indigena/artigos_teses_dissertacoes/artigo-7-andre-ramos.pdf>.

RASHIDI, R.; REZAEI, R.; SHAKERI, A.; HAYES, A.; KARIMI, G. A review of the protective effects of chlorogenic acid against different chemicals. **Journal of Food Biochemistry**, p. e14254, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jfbc.14254>>.

RIBEIRO, B. B.; MENDONÇA, L. M. V. L.; ASSIS, G. A.; MENDONÇA, J. M. A. d.; MALTA, M. R.; MONTANARI, F. F. Avaliação química e sensorial de blends de *coffea canephora* pierre e *coffea arabica* l. **Coffee Science**, Editora UFLA, v. 9, p. 178–186, 2014. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8027/Coffee%20Science_v9_n2_p178-186_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RIBEIRO, B. B. *et al.* Avaliação química e sensorial de blends de *coffea canephora* pierre e *coffea arabica* l. **Coffee Science**, v. 9, p. 178–186, 2014.

RODRIGUES, D. L.; SILVA, D. N. Pobreza na amazônia brasileira e os desafios para o desenvolvimento. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 39, p. e00100223, 2023. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csp/a/FfPPgkqmW3MQyWNXbKszKTz/?lang=pt>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

RODRIGUES, F. da S. 2. o estado imperial brasileiro e a colonização militar da amazônia (1840-1867). **Tempo-Niterói**, 2022. Accessed: 11 Nov. 2024.

RODRIGUES, J. B. **Exploração dos rios Urubú e Jatapú**. Rio de Janeiro, RJ: Typ. Nacional, 1875. Acesso em: 2 jul. 2024. Disponível em: <<https://bdlb.bn.gov.br/acervo/handle/20.500.12156.3/426622>>.

RODRIGUES, L. *et al.* Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by uv/hplc. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 440–448, 2007.

RODRIGUES, N. P.; SALVA, T.; BRAGAGNOLO, N. Influence of coffee genotype on bioactive compounds and the in vitro capacity to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 19, p. 4815–4826, 2015.

RODRÍGUEZ, D.; CURE, J.; COTES, J.; GUTIERREZ, A.; CANTOR, F. A coffee agroecosystem model: I. growth and development of the coffee plant. **Ecological Modelling**, v. 222, p. 3626–3639, oct 2011. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2011.08.003>>.

ROGERS, S. *et al.* Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of robusta (*coffea canephora*) and arabica (*c. arabica*) coffees. **Plant Science**, v. 149, p. 115–123, 1999.

ROSI, B. G. **EXPLORADORES, MISSIONÁRIOS, CIENTISTAS E A ABERTURA DO AMAZONAS: Explorers, Missionaries, Scientists and the Opening of the Amazon**. 2010. Acesso em: 10 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.acervo.com.br/handle/20.500.12156/1458>>.

SÁ, M. R. O botânico e o mecenas: João barbosa rodrigues e a ciência no brasil na segunda metade do século xix. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 8, p. 899–924, 2001. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-59702001000500006>>.

SALATHÉ, F. Plantações de café. In: STEINMANN, J. J. (Ed.). **Souvenirs de Rio de Janeiro**. [S.l.]: Local de publicação do álbum, 1835. Gravura.

SALOJÄRVI, J.; RAMBANI, A.; YU, Z.; AL. *et.* The genome and population genomics of allopolyploid *coffea arabica* reveal the diversification history of modern coffee cultivars. **Nature Genetics**, v. 56, p. 721–731, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41588-024-01695-w>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SAMPAIO, F. X. R. **Notícias para a História e Geografia das Nações Ultramarinas - Tomo VI. Diário de viagem de [...] no ano de 1774-1775**. Academia Real das Sciencias, 1856. VI. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://digital.bbm.usp.br/bitstream/bbm/3858/1/005456-6_COMPLETO.pdf>.

SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. The roast-creating the beans' signature. In: FOLMER, B. (Ed.). **The craft and science of coffee**. Cambridge, MA: Academic Press, 2017. cap. 11, p. 245–271.

SCHWARTZ, R.; GREGORY, I.; THÉVENIN, T. Spatial history: Railways, uneven development, and population change in france and great britain, 1850–1914. **Journal of Interdisciplinary History**, v. 42, p. 53–88, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/254925557_Spatial_History_Railways_Uneven_Development_and_Population_Change_in_France_and_Great_Britain_1850-1914>. Acesso em: 13 jun. 2024.

- SENADO, A. do. **Declaração de voto do Senador Atílio Vivacqua, livro 4, p. 470 - 472**. Distrito Federal: [s.n.], 1959. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/publicacoes/anais/pdf/Anais_Republica/1959/1959%20Livro%204.pdf>.
- _____. **Parecer nº 218, Comissão de Serviço Público civil. Livro 4, p. 252**. Distrito Federal: [s.n.], 1959. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/publicacoes/anais/pdf/Anais_Republica/1959/1959%20Livro%204.pdf>.
- _____. **Recurso Extraordinário nº 27.850, Livro 4, p. 226**. Distrito Federal: [s.n.], 1959. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/publicacoes/anais/pdf/Anais_Republica/1959/1959%20Livro%204.pdf>.
- SHI, C.; WEI, B.; WEI, S.; WANG, W.; LIU, H.; LIU, J. A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm. **EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking**, v. 2021, 2020.
- SINGH, S.; KAUR, I.; KARIYAT, R. R. The multifunctional roles of polyphenols in plant-herbivore interactions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 3, p. 1442, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijms22031442>>.
- SISCOMEX. **Algumas curiosidades e fatos históricos relacionados ao comércio exterior no Brasil (1808 - 1820)**. 2022. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/siscomex/pt-br/servicos/aprendendo-a-exportarr/curiosidades-e-fatos-historicos/1808-2013-1820>>.
- SOUSA, M. B. **Carta do Governador Interino da Capitania do Pará, Bispo do Pará para o Rei D. José I [...]**. 1755. Arquivo Histórico Ultramarino, AHU_CU_PARÁ, Cx. 38, D. 3619. Disponível em: <<https://digitarq.ahu.arquivos.pt/details?id=1213632>>. Acesso em: 3 jul. 2024.
- SOUZA, C. A. de; ROCHA, R. B.; MORAES, M. S.; SPINELLI, V. M.; ALVES, E. A. Caracterização da peneira média e percentual de grão tipo moca de *Coffea canephora* das variedades botânicas conilon e robusta. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 14, n. 26, p. ..., 2017.
- SOUZA, G.; LANI, J.; INFANTINI, M.; KROHLING, C.; SENRA, J. Mechanized harvesting of 'conilon' coffee clones. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, 2020. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01240>>.
- SOUZA, R. M. N. D. *et al.* Teores de compostos bioativos em cafés torrados e moídos comerciais. **Química Nova**, v. 33, p. 885–890, 2010.
- STEGEN, G. H. D. Van der; DUIJN, J. V. Analysis of normal organic acids in coffee. In: **Proceedings of the 12th ASIC Colloquium, Montreux**. Paris: ASIC, 1987. p. 238–246.
- SUFRAMA. **Projeto Manta-Manaus é discutido no Acre com a participação da Suframa**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/noticias/projeto-manta-manau-e-discutido-no-acre-com-a-participacao-da-suframa>>. Acesso em: 12 jun. 2024.
- SUGIYAMA, A.; SANO, C.; YAZAKI, K.; SANO, H. Caffeine fostering of mycoparasitic fungi against phytopathogens. **Plant Signaling & Behavior**, v. 11, n. 1, p. e1113362, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1113362>>.

TADEU, H. C.; XIMENES, V. F.; LOPES, M. T. G.; ESPINDULA, M. C.; ALVES, A. P. d. C.; BORÉM, F. M. Analysis of bioactive compounds, organic acids, and genetic parameters of ten amazonian robusta cultivars. **Revista Caatinga**, v. 37, p. e12017, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21252024v37i2017rc>>.

TAJIK, N.; TAJIK, M.; MACK, I.; ENCK, P. The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: A comprehensive review of the literature. **European Journal of Nutrition**, v. 56, p. 2215–2244, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00394-017-1379-1>>.

TAUNAY, A. E. **Pequena história do café no Brasil (1727-1937)**. Rio de Janeiro: Ed. Departamento Nacional do Café, 1945. ID: 45275.

TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; TOCI, A. T.; SANTIAGO, M. C. P. A.; BIZZO, H. R. Amazonian robustas: New *Coffea canephora* coffee cultivars for the western brazilian amazon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. e323420318, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3c53>>.

TELES, T. N. de A.; LIBERATO, M. d. C. T. C. Book. **Produção Acadêmica do Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia da Universidade Estadual do Ceará – Volume 1**. Belo Horizonte, MG: Poisson, 2021. v. 1. 112 p. (Bioquímica e Biotecnologia, v. 1). Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) P964. ISBN 978-65-5866-043-9. Disponível em: <<http://www.example.com>>.

TOMBO, A. N. da Torre do. **Registro Geral de Mercês, Mercês de D. João V, liv. 9, f. 92**. 1712. Disponível em: <<https://digitarq.arquivos.pt/details?id=1885886>>. Acesso em: 30 de março de 2024.

TRANTAS, E.; KOFFAS, M.; XU, P.; VERVERIDIS, F. Quando as plantas não produzem o suficiente ou produzem nada: engenharia metabólica de flavonoides em hospedeiros microbianos. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. Artigo 7, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00007>>.

VARIYAR, P. S. *et al.* Flavoring components of raw monsooned arabica coffee and their changes during radiation processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 7945–7950, 2003.

VARTAN, J. Coffee cultivation and industry in brazil: A comprehensive review. **International Journal of Science and Society**, Goacademica Research and Publishing, v. 5, n. 3, p. 323–332, 2023. Accessed: 11 Nov. 2024. Disponível em: <<https://ijsoc.goacademica.com/index.php/ijsoc/article/view/751>>.

VERÍSSIMO, J. **A pesca na Amazônia**. Rio de Janeiro: Livraria Clássica de Alves, 1895. 206 leaves of plates p. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://digital.bbm.usp.br/handle/bbm/3162>>.

VIANA, V.; TORRES, E.; VAL, A.; SALVIATI, V. Soluções para o desenvolvimento sustentável da amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 25–29, 2014. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252014000300011>>.

VIENCZ, T. *et al.* Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of coffea canephora coffees produced in the amazon. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 117, p. 105140, 2023.

VITORINO, M. D.; CARVALHO, C. R. L.; FARIA, M. A. Metodologias de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 1, p. 17–24, 2001.

VIVEIROS, J. d. História do comércio do maranhão 1612-1895. 1954.

VOSOUGHI, S.; ROY, D.; ARAL, S. The spread of true and false news online. **Science**, v. 359, p. 1146–1151, 2018. Acesso em: 12 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.aap9559>>.

WAHAB, A.; ABDI, G.; SALEEM, M.; ALI, B.; ULLAH, S.; SHAH, W.; MUMTAZ, S.; YASIN, G.; MUREŞAN, C.; MARC, R. Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review. **Plants**, v. 11, p. 1620, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/plants11131620>>.

WANG, L.; PAN, X.; JIANG, Q.; CHU, Y. L.; GAO, S.; JIANG, X.; ZHANG, Y.; CHEN, Y.; LUO, S.; PENG, C. The biological activity mechanism of chlorogenic acid and its applications in the food industry: A review. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.943911>>.

WILSON, J.; BAYÓN, M. Fantastical materializations: Interoceanic infrastructures in the ecuadorian amazon. **Sarge Journals**, v. 35, n. 5, 2017. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0263775817695102>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

WRIGHT, G.; BAKER, D.; PALMER, M.; STABLER, D.; MUSTARD, J.; POWER, E.; BORLAND, A.; STEVENSON, P. Caffeine in floral nectar enhances a pollinator's memory of reward. **Science**, v. 339, n. 6124, p. 1202–1204, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1228806>>.

YAN, W. Ggebiplot—a windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal**, American Society of Agronomy, v. 93, n. 5, p. 1111–1118, 2001.

ZAIN, M. Z. M.; SHORI, A. B.; BABA, A. S. Composition and health properties of coffee bean. **European Journal of Clinical and Biomedical Sciences**, v. 3, p. 97–100, 2017.

ZHANG, Z.; LI, X.; SANG, S.; MCCLEMENTS, D. J.; CHEN, L.; LONG, J.; JIAO, A.; JIN, Z.; QIU, C. Polyphenols as plant-based nutraceuticals: Health effects, encapsulation, nano-delivery, and application. **Foods**, v. 11, n. 15, p. 2189, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods11152189>>.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)>.

APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO

Tadeu, H. C., Ximenes, V. F., Lopes, M. T., Espindula, M. C., Alves, A. P. D. C., & Borém, F. M. (2024). Análise de compostos bioativos, ácidos orgânicos e parâmetros genéticos de dez cultivares de robustas amazônicas. *Revista Caatinga*, 37, e12017. <<https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3712017rc>>

Analysis of bioactive compounds, organic acids, and genetic parameters of ten amazonian robusta cultivars

Análise de compostos bioativos, ácidos orgânicos e parâmetros genéticos de dez cultivares de robustas amazônicas

Hugo C. Tadeu^{1*}, Valdecir F. Ximenes¹, Maria T. G. Lopes², Marcelo C. Espindula³, Ana P. de C. Alves⁴, Flávio M. Borém⁴

¹Chemistry Department, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brazil. ²Department of Animal and Plant Production, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brazil. ³Embrapa Café, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, Brazil. ⁴Department of Agricultural Engineering, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil.

ABSTRACT - *Coffea canephora* beans are used for various industrial purposes, among which the use as soluble coffees stands out for producing beverages in blends with *Coffea arabica*. Due to the increase in demand, EMBRAPA launched ten monoclonal *C. canephora* cultivars, named Amazonian Robustas, adapted to the growing conditions of the Brazilian Amazon. However, the chemical composition of the beans of these cultivars is still little known. The present study aimed to estimate genetic parameters for the evaluated characteristics and determine the levels of bioactive compounds and organic acids in ten *C. canephora* cultivars. The experiment was set in Manaus, Amazonas, consisting of plants from the cultivars BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS3210, BRS 3213, and BRS 3220. The cultivars were characterized according to the profile of bioactive compounds and organic acids. Analysis of variance, mean test, and genetic parameters (genetic, environmental, and phenotypic variance and heritability) were conducted. The heritability of characters was considered from intermediate 63.76% (trigonelline) to high 88.44% (caffeine). Of the compounds studied, trigonelline contents ranged from 0.54 to 0.78 g.100g⁻¹, chlorogenic acids from 3.77 to 5.31 g.100g⁻¹, caffeine from 2.31 to 4.13 g.100g⁻¹, and citric acid from 0.76 to 1.28 g.100g⁻¹. It was observed that there is genetic variability among the cultivars for the compounds studied, and the cultivars can be used in breeding programs for the development of new cultivars.

Keywords: *Coffea canephora*. Caffeine. Trigonelline. Chlorogenic acids. Plant genetics.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest related to the publication of this manuscript.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-CC-BY <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Received for publication in: June 16, 2023.

Accepted in: January 11, 2024.

***Corresponding author:**

<hugocesartadeu@gmail.com>

RESUMO - Grãos da espécie *Coffea canephora* são utilizados para diversos fins industriais, dentre os quais se destacam o uso como cafés solúveis e para produção de bebidas em blends com a espécie *Coffea arabica*. Devido ao aumento da demanda, a EMBRAPA lançou dez cultivares monoclonais de cafeeiros *C. canephora*, com nome Robustas Amazônicas, adaptados às condições de cultivo da Amazônia brasileira, entretanto, a composição química dos grãos destes clones ainda é pouco conhecida. O objetivo do estudo foi estimar parâmetros genéticos para as características avaliadas e determinar os teores de compostos bioativos e de ácidos orgânicos nas dez cultivares. A unidade experimental foi instalada em Manaus, Amazonas, constituída de plantas das cultivares BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS3210, BRS 3213 e BRS 3220. As cultivares foram caracterizadas quanto ao perfil de bioativos e ácidos orgânicos. Foi realizada análise de variância, teste de médias e estimados parâmetros genéticos como variância genética, ambiental, fenotípica e herdabilidade. A herdabilidade dos caracteres foi considerada de mediana, 63,76%, para trigonelina, a alta, 88,44%, para cafeína. Dos compostos estudados, os teores de trigonelina variaram de 0,54 a 0,78 g.100g⁻¹; os de ácidos clorogênicos de 3,77 a 5,31 g.100g⁻¹; o de cafeína de 2,31 a 4,13 g.100g⁻¹ e o de ácido cítrico de 0,76 a 1,28 g.100g⁻¹. Observou-se que existe variabilidade genética entre as variedades para os compostos estudados e as cultivares podem ser utilizadas no melhoramento genético para desenvolvimento de novas cultivares.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Cafeína. Trigonelina. Ácidos clorogênicos. Genética de plantas.

INTRODUCTION

Brazil is the largest coffee producer in the world, and the most produced species are *Coffea arabica* L. (Arabica coffee) and *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (Conilon or Robusta coffee). According to Gomes and Partelli (2021), Brazilian production exceeded 67 million 60-kilogram bags in 2019-2000, comprising around 70% Arabica and 30% Conilon.

Robusta coffee, due to the sensory characteristics of neutrality in terms of sweetness, acidity, the marked aroma of roasted cereals, and a more pronounced body than Arabica coffee (PEREIRA et al., 2019), is mainly used to comprise blends in the soluble coffee industry (RIBEIRO et al., 2014). Thus, the main concerns regarding its production are just characteristics linked to environment adaptability, yield, and resistance to pests and diseases, among other factors for crop development (GOMES; PARTELLI, 2021).

However, the world's growing demand for specialty coffees has made Robusta coffee a target of several studies seeking to improve beverage quality. These studies include genetic improvement, management, harvest, and post-harvest processing methods, including fermentation, drying, storage, and roasting.

The state of Espírito Santo in Brazil has shown great aptitude in producing high-quality Robusta coffee. They have been called special Robustas (CONAB, 2017).

The Amazon region, characterized by producing unique flavor coffees, has also emerged in the search for special Robustas. This advance in coffee production is directly linked to technologies, mainly the adoption of clonal coffee production, making it possible to know beverage quality from each genetic material planted.

According to Viencz et al. (2023), the significance of studying *Coffea canephora* for the coffee industry is linked to the analysis of its chemical composition and bioactive compounds. This information is valuable for the industry as it can be utilized in developing coffee products with specific sensory profiles and potential health benefits. Moreover, the study helps underscore *Coffea canephora* as a quality coffee choice, potentially positively impacting the industry by diversifying the range of coffees in the market and potentially improving prices for producers.

Among the genetic and phenotypic parameters that can help direct the selection of the most promising coffee trees, genetic and phenotypic variances, heritability, and expected genetic progress stand out. Estimating the genetic parameters allows us to know the genetic structure and the inference of the genetic variability present in the population, providing subsidies to predict the genetic gains and the possible success of the breeding program. As for heritability, it must be as accurate as possible due to its importance in predicting the genetic improvement of a trait (FERRÃO et al., 2008).

According to the literature, in addition to different physical and sensory characteristics, Robustas differ chemically from Arabica coffees. The chemical composition of raw coffee is related to factors such as species, genotype, crop location, management, processing, and storage, and the interaction of these factors directly interferes with the beverage's characteristics. Concerning bioactive compounds such as trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine, robustas

have lower trigonelline and higher chlorogenic acid and caffeine contents than arabica coffee (FROST-MEYER; LOGOMARSINO, 2012; ZAIN; SHORI; BABA, 2017).

These compounds are essential in coffees since they actively participate in flavor formation reactions during roasting. During roasting, trigonelline contributes to coffee aroma by forming degradation products, mainly nicotinic acid. The group of chlorogenic acids, the main phenolics found in coffee, is degraded during roasting, originating pigments and aromatic volatiles. Caffeine is a relatively stable alkaloid in the thermal process and contributes to beverage bitterness (SOUZA et al., 2010).

Another group of compounds that have been closely related to coffee quality is organic acids (FARAH; LIMA, 2019). The primary organic acids in coffee are acetic, citric, lactic, malic, quinic, tartaric, and oxalic. Each acid stands out for its characteristic flavors, such as the lemon flavor of citric acid or the undesirable fermentation conferred by acetic acid (LINGLE, 2011).

Given the above, this research aimed to characterize ten Amazonian Robusta coffee cultivars for the genetic parameters (genetic, environmental, and phenotypic variance and heritability) of their characteristics regarding the content of bioactive compounds (trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine) and organic acids.

MATERIAL AND METHODS

The field experiment was conducted in Manaus (between the coordinates 2°38'20 "S - 2°39'10"S and 60°40'W - 60°30'W), Amazonas, Brazil. The experiment was conducted using clonal seedlings produced in the experimental field of Embrapa Rondônia, Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Ten cultivars developed by Embrapa were evaluated, all of which were recommended for cultivation. The crop was implanted in January 2019 (Table 1).

Table 1. Genotypes, origin and genealogy with the registration date of 2019 in the National Cultivar Registry of the Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply RNC/MAPA.

Genotypes ¹	Origin	Genealogy
BRS 1216	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 1675
BRS 2299	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 2314	Controlled hybridization	Emcapa 03 x Robusta 640
BRS 2336	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 2357	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 3137	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 3193	Active Germplasm Bank	Open pollination
BRS 3210	Controlled hybridization	Emcapa 03xRobusta 2258
BRS 3213	Controlled hybridization	Emcapa 03xRobusta 2258
BRS 3220	Controlled hybridization	Emcapa 03xRobusta 1675

¹The genotypes were registered individually as a monoclonal cultivar. Source: Espindula et al. (2019).

Before planting, the soil chemical analysis was conducted, and the results were: pH (H₂O): 5.04; organic matter 288.93 g.kg⁻¹; phosphorus 177 mg.dm⁻³; potassium 399 mg.dm⁻³; sodium 69 mg.dm⁻³; calcium 1.50 cmol_c.dm⁻³; magnesium 1.0 cmol_c.dm⁻³; potential acidity 5.50 cmol_c.dm⁻³; cation-exchange capacity 9.89 cmol_c.dm⁻³; base saturation 45.0%. Based on the chemical analysis of the soil, liming was conducted two months before planting to increase base saturation to 70%. Tanned chicken manure (1.0 kg.m⁻²) was used as fertilization in the seedling transplanting. Topdressing fertilizations were conducted 10 and 20 days after transplanting seedlings, with 0.1% urea in foliar fertilization in the irrigation water. The test was conducted according to the technical recommendations for the crop (MARCOLAN et al., 2009).

The experiment was set in a randomized block design with ten treatments (cultivars) and three replications. Each replication consisted of eight plants. The first harvest was conducted between May and June 2021, respecting the maturation cycle of each cultivar.

Coffee samples of each cultivar were randomly obtained after harvesting the mixture of beans from the eight plants that comprise each replication for each cultivar. After harvesting, 3 kg of fruits of each replication of each genotype were sent for drying and processing at the Experimental Farm – FAEXP, of the Federal University of Amazonas – UFAM.

After drying and processing, the samples were sent to the UFLA Agricultural Product Processing Laboratory, where they were prepared for analysis, as described below.

First, the samples were separated by size and defects (broken beans, floaters, outer shell, inner shell, and other similar things) using sieves. For the chemical analyses, the raw coffee samples were ground in an IKA 11A mill in the presence of nitrogen and placed in an ultra-freezer for subsequent extraction.

Non-volatile compounds such as caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid were determined by high-performance liquid chromatography (HPLC), following the methodology adapted from Vitorino et al. (2001). A calibration curve, with 10 points and concentration between 0.002 and 0.8 mg. mL⁻¹, was plotted for identification and quantitative analysis using caffeine, trigonelline, and 5-caffeoylquinic acid (5-CQA) as standards.

Organic acids were determined by HPLC based on the methodology described by Jham et al. (2002). Standards of citric, malic, tartaric, succinic, lactic, quinic, and acetic acids were used to identify the chromatogram peaks, compare the retention times, and calculate their concentration in the samples.

Data were submitted for analysis of variance ($p < 0.05$), and the means were grouped by the Scott-Knott Clustering Algorithm ($p < 0.05$) using the SISVAR statistical software (SISVAR, version 5.3). The following genetic parameters were estimated: genetic, environmental, and phenotypic variance and heritability (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). Aiming to understand the relationship between treatments (ten cultivars with three replicates each) and chemical composition (caffeine, trigonelline, chlorogenic acid, and organic acids), principal component analysis (PCA) was performed using the statistical software CHEMOFACE

(CHEMOFACE, version 1.64). An M x N matrix was plotted with the content of identified chemical compounds and sensory attributes for the evaluated samples.

RESULTS AND DISCUSSION

The trigonelline content did not differ significantly among the cultivars, with concentrations ranging from 0.54g to 0.78g per 100g. Similarly, no variations were noted in chlorogenic acid levels among the cultivars, with values ranging between 3.77g and 5.31g per 100g (Table 2). However, distinctions were observed in the caffeine and citric acid levels among the cultivars, suggesting likely genetic diversity within the cultivars studied.

Caffeine levels ranged from 2.31g to 4.13g per 100g. The highest concentration was observed for cultivar BRS 2299, with 4.13g. Cultivars BRS 1216, BRS 2314, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, and BRS 3213 showed intermediate values, and cultivars BRS 2336, BRS 2357, and BRS 3220 showed the lowest values (Table 2).

Regarding citric acid contents, the values ranged from 1.28g to 0.76g per 100g. Cultivars BRS 1216, BRS 3137, and BRS 3193 showed higher levels of citric acid, while the other cultivars did not differ concerning this characteristic (Table 2).

The results found in this research agree with those presented in other studies that indicate trigonelline contents between 0.6 and 1.7% in conilon coffee (SOUZA et al., 2010). Caffeine contents were also similar to those described in the literature, between 1.7 and 3.5g.100g⁻¹ (HEČIMOVIĆ et al., 2011). The only cultivar that presented a higher content than that found in the literature was BRS 2299. However, for total chlorogenic acids, the levels are below those described for Conilon and closer to Arabica coffee, which vary between 4 and 8g.100g⁻¹. As described, the chlorogenic acid levels for Conilon coffee range between 7 and 10g.100g⁻¹ (MONTEIRO; TRUGO, 2005).

Studies mention that trigonelline contributes to the formation of desirable aromas during coffee roasting, but it is still not possible to assess how the content of this compound acts on the other sensory attributes (MACRAE, 1985). Controversial reports on this compound are found, such as that of Farah et al. (2006), who associate higher trigonelline contents with higher sensory quality, or Fassio et al. (2016), who point out that the bioactive trigonelline, chlorogenic acid, and caffeine did not show a good relationship with sensory attributes.

Chlorogenic acid and its derivatives contribute to the final acidity but are associated with beverage astringency and bitterness, in addition to participating in the formation of pigments (VARIYAR et al., 2003; SCHENKER; ROTHGEB, 2017), being related to a lower sensory quality (FARAH et al., 2006; FASSIO et al., 2016). It is one of the reasons why Conilon coffee is always referred to as more bitter than Arabica. In the present study, the levels of chlorogenic acids were very close to those of Arabica coffees, which may indicate a potentially higher quality for these *C. canephora* cultivars.

Table 2. Content of bioactive compounds and citric acid per 100 g of dry coffee sample from Robusta cultivars.

Cultivars	Trigonelline	Chlorogenic Acid	Caffeine	Citric Acid
	(g.100g ⁻¹)			
BRS 1216	0.66±0.13a	4.56±0.16a	3.19±0.38b	1.28±0.05a
BRS 2299	0.76±0.03a	5.11±0.70a	4.13±0.73a	0.81±0.10b
BRS 2314	0.54±0.06a	5.31±0.31a	3.38±0.68b	0.77±0.20b
BRS 2336	0.67±0.08a	3.77±0.33a	2.31±0.46c	0.76±0.10b
BRS 2357	0.63±0.06a	4.48±0.10a	2.95±0.25c	0.93±0.13b
BRS 3137	0.78±0.06a	5.39±0.23a	3.22±0.27b	1.20±0.07a
BRS 3193	0.74±0.06a	5.02±0.53a	3.26±0.63b	1.14±0.06a
BRS 3210	0.70±0.11a	4.92±0.74a	3.52±0.21b	0.90±0.23b
BRS 3213	0.73±0.04a	5.44±0.36a	3.26±0.25b	0.78±0.06b
BRS 3220	0.73±0.10a	4.68±0.80a	2.56±0.09c	0.97±0.24b
Mean	0.69	4.86	3.17	0.95

Mean values in the same column followed by different letters belong to different groups (p <0.05) by the Scott-Knott Clustering Algorithm.

Caffeine is associated with bitterness, which, as is known, can make several people reject the beverage (MONTEIRO; TRUGO 2005). The caffeine content and, consequently, the coffee quality are genetically influenced (KY et al., 2001; AGUIAR et al., 2005) and suffer environmental and management influences. Caffeine has high heritability (MONTAGNON et al., 1998) and suffers less external influence, while trigonelline and chlorogenic acids have intermediate heritability and are more influenced by the environment and management. Thus, given the correlation of these compounds with quality, this study reinforces the influence of the relationship between genotype, environment, and management on the chemical and sensory quality of Amazonian Robusta coffees.

Regarding organic acids, the only acid detected and quantified by the methodology used was citric acid, and the contents of this organic compound vary between 0.76 and

1.28g.100g⁻¹. For Arabica coffee, the relationship of sensory quality with citric acid is positive (KOSHIRO et al., 2015; RODRIGUES et al., 2007; ROGERS et al., 1999). However, studies on organic acids in Conilon coffees are scarce in the literature.

BRS 2314 had the lowest citric acid content, as well as the lowest trigonelline content and the highest levels of caffeine and chlorogenic acids. According to Garambone and Rosa (2008), who verified the possible benefits of chlorogenic acid in *in vitro* tests, chlorogenic acid was indicated as a potent antioxidant in all experiments of their study, showing the need for further research with cultivars that present higher levels of this compound for consumption that benefits consumer health.

The contents of trigonelline, chlorogenic acid, caffeine, and citric acid were submitted to principal component analysis (PCA), and a biplot was generated (Figure 1).

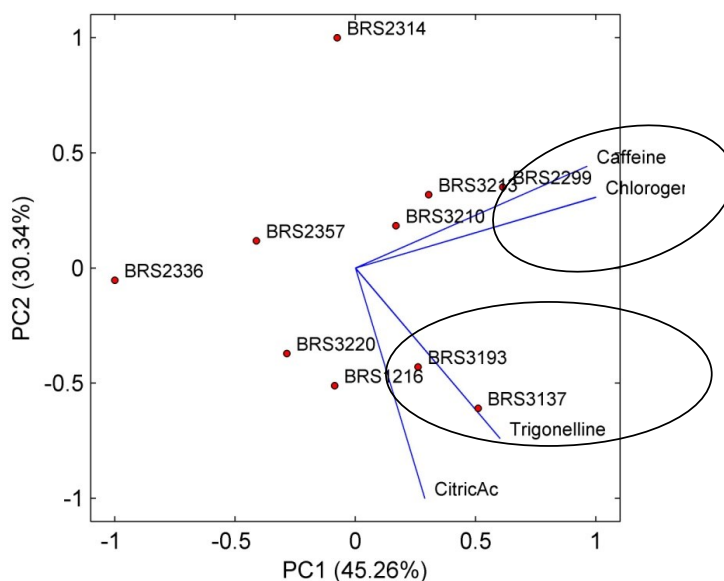


Figure 1. Principal component analysis (PCA) of trigonelline, chlorogenic acids, caffeine, and citric acid present in raw coffee beans of the ten cultivars analyzed.

In the biplot graph, using the first two principal components, the vectors represent the variables and the red dots, the samples, and their codes. The first component (PC1) accumulated 77.55% of the variance while the second (PC2), 15.07%. The larger the vector, the greater the influence of the variable on the grouping, and the smaller the angle between the vectors, the more significant the correlation between the variables. Therefore, it is possible to observe the relationship between trigonelline and citric acid graphically; that is, in the samples in which higher trigonelline contents were identified, there is also a higher citric acid content; the same relationship is observed for caffeine and chlorogenic acids; samples with higher levels of chlorogenic acids also had higher caffeine contents. In addition, it was possible to see the variables responsible for separating the samples. Caffeine and chlorogenic acids show an inverse relationship with citric acid and trigonelline.

The samples were reasonably distributed, but it is possible to identify only one group with higher levels of chlorogenic acid and caffeine (BRS3213, BRS2299, and BRS3210) and one group with higher levels of citric acid and trigonelline (BRS3220, BRS1216, BRS3193, and BRS3137). Two cultivars were opposite to the vectors (BRS2336, BRS2357), which shows that they have lower levels of the

measured compounds and an isolated cultivar with high levels of caffeine and chlorogenic acid and low levels of other components (BRS2314). The distribution of cultivars in the graph demonstrates considerable variability in chemical composition. This variability is of great importance to understand the individualities of each cultivar and direct their use.

The statistically significant difference observed for cultivars in the analysis of trigonelline, chlorogenic acid, caffeine, and citric acid shows the presence of phenotypic variability for the evaluated genotypes (Table 3). The coefficients of experimental variation (CVe) were below 20%, indicating good experimental precision in the experiment (DUBBERSTEIN et al., 2020).

The heritability coefficient - the relationship between genotypic and phenotypic variance - ranged from 63.76% for Trigonelline to 88.44% for Caffeine. These values are considered intermediate ($50% < h^2 < 80%$) and high ($h^2 > 80%$) (FALCONER, 1987). The CVg/CVe ratio values ranged from 0.76 to 1.6 for all characteristics studied (Table 3). CVg/CVe values close to or greater than 1.0 and high heritability indicate favorable situations for selecting superior genotypes in breeding programs (FALUBA et al., 2010; CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

Table 3. Mean squares and genetic and environmental parameters of the contents of trigonelline, chlorogenic acids, caffeine, and citric acid of *C. canephora* cultivars evaluated in Manaus, AM in 2021, Brazil.

Source of Variation	DF	Mean squares			
		Trigonelline	Chlorogenic Acids	Caffeine	Citric acid
Blocks	2	0.013	0.138	1.225	0.427
Cultivars	9	0.015*	0.784*	0.754**	0.070**
Residue	18	0.005	0.250	0.087	0.017
Mean		0.693	4.869	3.179	0.954
Minimum		0.485	3.565	1.912	0.414
Maximum		0.841	5.903	4.967	1.332
CVe (%) ¹		10.670	10.260	9.290	14.420
		Genetic parameters			
Phenotypic Variance		0.005	0.261	0.251	0.023
Environmental Variance		0.002	0.083	0.029	0.006
Genotypic Variance		0.003	0.178	0.222	0.0178
Heritability (%)		63.762	68.520	88.440	76.060
CVg (%) ²		8.171	8.670	14.830	14.840
CVg/CVe ³		0.770	0.840	1.600	1.020

**, * $p < 0.01$, $p < 0.05$, respectively, by the F-test ¹Coefficient of experimental variation; ²Coefficient of genetic variation; ³Ratio between the coefficient of experimental variation and coefficient of genetic variation. DF: degree of freedom.

CONCLUSIONS

There is genetic variability among the ten *Coffea canephora* cultivars concerning bioactive compounds and organic acids in the beans.

The genotypes analyzed can be used in breeding programs to increase the contents of bioactive compounds and organic acids to develop new cultivars.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Foundation for the Support of Research in the State of Amazonas (FAPEAM) for research funding through Call Notice No. 004/2018 - Strategic Amazonas; the Experimental Farm of the Federal University of Amazonas (FAEXP); and the Agricultural Products Processing Laboratory from the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Lavras - UFPA.

REFERENCES

- AGUIAR, A. T. E. et al. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, 64: 577-582, 2005.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2017**. Brasília, DF: CONAB, 2017. 82 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2014. 668 p.
- DUBBERSTEIN, D. et al. Biometric traits as a tool for the identification and breeding of *Coffea canephora* genotypes. **Genetics and Molecular Research**, 19: gmr18541, 2020.
- ESPINDULA, M. C. et al. **Novas cultivares de cafeeiros *Coffea canephora* para a Amazônia Ocidental Brasileira: Principais características**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2019. 36 p.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.
- FALUBA, J. S. et al. Genetic potential of maize population UFV 7 for breeding in Minas Gerais. **Ciência Rural**, 40: 1250-1256, 2010.
- FARAH, A.; LIMA, A. G. Organic acids. In: FARAH, A. (Eds.) **Coffee: Production, quality and chemistry**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2019. cap. 22, p. 517-542.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, 98: 373-380, 2006.
- FASSIO, L. O. et al. Sensory Description of Cultivars (*Coffea Arabica* L.) Resistant to Rust and Its Correlation with Caffeine, Trigonelline, and Chlorogenic Acid Compounds. **Beverages**, 2: 1-12, 2016.
- FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43: 61-69, 2008.
- FROST-MEYER, N. J.; LOGOMARSINO, J. V. Impact of coffee components on inflammatory markers: A review. **Journal of Functional Foods**, 4: 819-830, 2012.
- GARAMBONE, E.; ROSA, G. Possíveis benefícios do ácido clorogênico à saúde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, 18: 229-235, 2008.
- GOMES, W. S.; PARTELLI, F. L. *Coffea canephora* no Brasil e seus aspectos produtivos. In: PARTELLI, F. L.; PEREIRA, L. L. (Eds.). **Café conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo**. Alegre, ES: CAUFES, 2021. cap. 5, p. 65-73.
- HEČIMOVIĆ, I. et al. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. **Food Chemistry**, 129: 991-1000, 2011.
- JHAM, G. N. et al. Comparison of GC and HPLC for the quantification of organic acids in coffee. **Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques**, 13: 99-104, 2002.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 4 ed. Long Beach, California: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.
- KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, 75: 223-230, 2001.
- KOSHIRO, M. C. et al. Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. **European Chemical Bulletin**, 4: 378-383, 2015.
- MACRAE, R. Nitrogenous components. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Eds.). **Coffee chemistry**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1985. v. 1, p. 115-152.
- MARCOLAN, A. L. et al. **Cultivo dos cafeeiros conilon e robusta para Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia/Emater - RO, 2009. 67 p.
- MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de Compostos Bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, 28: 637-641, 2005.
- MONTAGNON, C. et al. Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *Coffea canephora*. **Plant Breeding**, 117: 576-578, 1998.
- PEREIRA, L. L. et al. Improvement of the Quality of Brazilian Conilon through Wet Processing: A Sensorial Perspective. **Agricultural Sciences**, 10: 395-411, 2019.
- RIBEIRO, B. B. et al. Avaliação química e sensorial de blends de *Coffea canephora* Pierre E *Coffea Arabica* L. **Coffee Science**, 9: 178-186, 2014.
- RODRIGUES, L. et al. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, 20: 440-448, 2007.
- ROGERS, S. et al. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. **Plant Science**, 149: 115-123, 1999.
- SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. The roast-Creating the Beans' signature. In: FOLMER, B. **The craft and science of coffee**. Cambridge, MA: Academic Press, 2017. cap. 11 p. 245-271.
- SOUZA, R. M. N. D. et al. Teores de compostos bioativos em cafés torrados e moídos comerciais. **Química Nova**, 33: 885-890, 2010.

VARIYAR, P. S. et al. Flavoring components of raw monsooned arabica coffee and their changes during radiation processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51: 7945-7950, 2003.

VIENCZ, T. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea canephora* coffees produced in the Amazon. **Journal of Food Composition and Analysis**, 117: 105140, 2023.

VITORINO, M. D. et al. Metodologias de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, 26: 17-24, 2001.

ZAIN, M. Z. M.; SHORI, A. B.; BABA, A. S. Composition and Health Properties of Coffee Bean. **European Journal of Clinical and Biomedical Sciences**, 3: 97-100, 2017.