

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Influência do ambiente sobre a qualidade e diversidade sensorial dos cafés  
arábicas de Minas Gerais**

Rodrigo Amaro de Salles  
*Doctor Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2024**

**RODRIGO AMARO DE SALLES**

**Influência do ambiente sobre a qualidade e diversidade sensorial dos cafés  
arábicas de Minas Gerais**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Ney Sussumu Sakiyama

Coorientadores: Lucas de Paula Corredo  
José L. dos S. Rufino

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S168i  
2024

Salles, Rodrigo Amaro de, 1996-  
Influência do ambiente sobre a qualidade e diversidade sensorial dos cafés arábicas de Minas Gerais / Rodrigo Amaro de Salles. – Viçosa, MG, 2024.  
1 tese eletrônica (138 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Ney Sussumu Sakiyama.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Agronomia, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.073>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Café - Minas Gerais - Avaliação sensorial. 2. Café - Minas Gerais - Distribuição geográfica. 3. Café - Zona da Mata (MG : Mesorregião). I. Sakiyama, Ney Sussumu, 1958-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.737

**RODRIGO AMARO DE SALLES**

**Influência do ambiente sobre a qualidade e diversidade sensorial dos cafés  
arábicas de Minas Gerais**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 8 de novembro de 2024.

Assentimento:

---

Rodrigo Amaro de Salles  
Autor

---

Ney Sussumu Sakiyama  
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 27/02/2025 às 10:33:36 e pelo orientador em 03/03/2025 às 20:19:21. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **DPED.A5C1.YELF** e clique no botão 'Validar documento'.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, pela presença constante em todos os momentos da minha vida.

Aos meus familiares, especialmente ao meu pai, Roberto Amaro de Salles, à minha mãe, Cleonice Krüger Salles, e à minha irmã, Emily Amaro de Salles, expresse minha profunda gratidão pelo apoio incondicional ao longo desta jornada.

À minha esposa, Isabella Marvila Salles, agradeço pelo amor, encorajamento e compreensão, que foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu orientador, Ney Sussumu Sakiyama, por todos os valiosos conselhos e ensinamentos, pela paciência, dedicação e, acima de tudo, pela amizade ao longo deste trabalho.

Aos meus coorientadores, José Luis dos Santos Rufino e Lucas de Paula Corrêdo, registro minha gratidão por seus conhecimentos, que foram fundamentais para o desenvolvimento desta tese.

À professora Adriene Woods Pedrosa, por sempre estar disposta em ajudar, pela amizade e parceria ao longo desses anos.

Aos membros da banca examinadora [Iara Gonçalves dos Santos e Antonio Carlos Baião de Oliveira], por dedicarem seu tempo e expertise na avaliação deste trabalho e fornecer contribuições valiosas para o aprimoramento da pesquisa

Ao Sistema FAEMG SENAR, pela disponibilização do valioso banco de dados.

Ao Grupo de Estudos em Cafeicultura da UFV – CoffeeTecUFV, pela oportunidade de compor a equipe, onde foi possível aprender e formar amizades.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, sou grato pela oportunidade de realizar este doutorado.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Café) pelo apoio e colaboração durante o desenvolvimento da pesquisa.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento desta tese, mesmo que não mencionados nominalmente. Seu apoio, incentivo e contribuições indiretas foram igualmente valiosos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**“ A florada do café arábica é efêmera, exuberante e inesquecível. O seu grão torrado e moído emana, por infusão, o aroma característico e arrebatador de uma das bebidas mais saborosas e populares do mundo. ”**  
**(Ney Sussumu Sakiyama)**

## RESUMO

SALLES, Rodrigo Amaro de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2024. **Influência do ambiente sobre a qualidade e diversidade sensorial dos cafés arábicas de Minas Gerais.** Orientador: Ney Sussumu Sakiyama. Coorientadores: Lucas de Paula Corredo e José Luis dos Santos Rufino.

O *Coffea arabica* L. é a espécie de café mais cultivada, sua bebida é consumida e apreciada em diversas partes do mundo. As interações entre os diversos fatores ambientais influenciam significativamente a qualidade da bebida e isso torna o café um típico produto do terroir. O objetivo desse estudo foi analisar a diversidade sensorial, caracterizar e diferenciar os terroirs de sete regiões produtoras de Minas Gerais, bem como caracterizar a diversidade ambiental da região das Matas de Minas e examinar a relação entre o ambiente dessa região e a qualidade do café. Os dados de qualidade sensorial de café arábica das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas, Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Campo das Vertentes, Chapada de Minas e Região Vulcânica foram gerados durante quatro edições do Cupping ATeG Café+Forte (2019 a 2022). Os dados ambientais foram extraídos de plataformas de diversos órgãos de pesquisa governamentais, nacionais e internacionais. Na primeira parte do estudo, os resultados indicaram que todas as regiões possuem potencial na produção de cafés especiais. Observou-se uma grande diversidade sensorial entre os cafés das regiões estudadas, principalmente nos cafés “Naturais”, que apresentaram maior volume de dados. Isso permitiu a diferenciação entre os terroirs. Contudo, apesar da diferenciação, certas regiões também compartilham alguns perfis sensoriais semelhantes entre si. Na segunda parte do estudo, observou-se que a região das Matas de Minas possui grande diversidade edafoclimática e a produção de cafés especiais encontra-se distribuída em praticamente todo o parque cafeeiro. As variáveis ambientais exerceram uma leve influência na qualidade sensorial do café, considerando os dados utilizado. Isso indica que, dentro das limitações do estudo, as boas práticas durante o cultivo, a colheita, o processamento e o armazenamento podem impactar de maneira mais significativa a qualidade sensorial dos cafés produzidos na região das Matas de Minas do que as variáveis ambientais estudadas. Dessa forma, entende-se que todo o parque cafeeiro da região das Matas de Minas tem potencial para produção de cafés especiais.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; terroir; qualidade sensorial do café; diversidade microclimática; Região das Matas de Minas

## ABSTRACT

SALLES, Rodrigo Amaro de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2024. **Influence of the environment on the quality and sensory diversity of arabica coffees of Minas Gerais.** Adviser: Ney Sussumu Sakiyama. Co-advisers: Lucas de Paula Corredo and José Luis dos Santos Rufino.

*Coffea arabica* L. is the most widely cultivated coffee species, and its beverage is consumed and appreciated in various parts of the world. The interactions between the various environmental factors significantly influence the quality of the beverage, making coffee a typical terroir product. The objective of this study was to analyze the sensory diversity, characterize and differentiate the terroirs of seven producing regions of Minas Gerais, as well as characterize the environmental diversity of the Matas de Minas region and examine the relationship between the environment of this region and coffee quality. The sensory quality data of Arabica coffee from the Matas de Minas, Mantiqueira de Minas, Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Campo das Vertentes, Chapada de Minas, and Região Vulcânica regions were generated during four editions of the ATeG Café+Forte Cupping (2019 to 2022). The environmental data were extracted from platforms of several national and international government research agencies. In the first part of the study, the results indicated that all regions have potential in the production of specialty coffees. A great sensory diversity was observed among the coffees from the regions studied, mainly in the “Natural” coffees, which presented a greater volume of data. This allowed differentiation between the terroirs. However, despite the differentiation, certain regions also share some similar sensory profiles. In the second part of the study, it was observed that the Matas de Minas region has great edaphoclimatic diversity and the production of specialty coffees is distributed throughout practically the entire coffee park. The environmental variables exerted a slight influence on the sensory quality of the coffee, considering the data used. This indicates that, within the limitations of the study, good practices during cultivation, harvesting, processing and storage can have a more significant impact on the sensory quality of the coffees produced in the Matas de Minas region than the environmental variables studied. Therefore, it is understood that the entire coffee park of the Matas de Minas region has potential for the production of specialty coffees.

Keywords: *Coffea arabica* L.; terroir ; sensory quality coffee; microclimatic diversity; Região das Matas de Minas

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	9
REFERÊNCIAS.....	11
CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO E DIVERSIDADE SENSORIAL DOS CAFÉS ARÁBICAS PRODUZIDOS EM SETE REGIÕES DE MINAS GERAIS.....	13
1 INTRODUÇÃO .....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
2.1 Coleta de dados .....	15
2.2 Regiões estudadas .....	17
2.2.1 Matas de Minas .....	19
2.2.2 Mantiqueira de Minas .....	19
2.2.3 Sul de Minas .....	20
2.2.4 Cerrado Mineiro .....	21
2.2.5 Chapada de Minas .....	22
2.2.6 Campo das Vertentes.....	22
2.2.7 Região Vulcânica .....	23
2.3 Análise de dados.....	23
2.3.1 Caracterização e diferenciação dos <i>terroirs</i> .....	23
2.3.2 Estudo da diversidade dos <i>terroirs</i> .....	25
3 RESULTADOS .....	25
3.1 Caracterização e diferenciação dos <i>terroirs</i> .....	25
3.2 Estudo da diversidade dos <i>terroirs</i> .....	51
4 DISCUSSÃO .....	67
4.1 Caracterização e diferenciação dos <i>terroirs</i> .....	67
4.2 Estudo da diversidade dos <i>terroirs</i> .....	75
5 CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICE .....	86

<b>CAPÍTULO 2: MAPEAMENTO E INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NA QUALIDADE SENSORIAL DOS CAFÉS ARÁBICAS PRODUZIDOS NA REGIÃO DAS MATAS DE MINAS</b> .....	<b>87</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>88</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>90</b>
<b>2.1 Caracterização da diversidade ambiental da região das Matas de Minas</b> .....	<b>90</b>
<b>2.1.1 Temperatura e precipitação</b> .....	<b>92</b>
<b>2.1.2 Altitude e relevo</b> .....	<b>94</b>
<b>2.1.3 Solo</b> .....	<b>94</b>
<b>2.1.4 Diversidade ambiental da região das Matas de Minas</b> .....	<b>95</b>
<b>2.1.5 Distribuição espacial do parque cafeeiro e dos remanescentes florestais</b> .....	<b>95</b>
<b>2.2 Avaliação da qualidade sensorial do café</b> .....	<b>96</b>
<b>2.3 Distribuição espacial da qualidade</b> .....	<b>98</b>
<b>2.4 Relação entre ambiente e qualidade</b> .....	<b>98</b>
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>99</b>
<b>3.1 Caracterização da diversidade ambiental da região das Matas de Minas</b> .....	<b>99</b>
<b>3.1.1 Temperatura e precipitação</b> .....	<b>99</b>
<b>3.1.2 Altitude e relevo</b> .....	<b>106</b>
<b>3.1.3 Solo</b> .....	<b>109</b>
<b>3.1.4 Diversidade ambiental da região das Matas de Minas</b> .....	<b>112</b>
<b>3.1.5 Distribuição espacial do parque cafeeiro e dos remanescentes florestais</b> .....	<b>113</b>
<b>3.3 Distribuição espacial da qualidade</b> .....	<b>117</b>
<b>3.4 Relação entre ambiente e qualidade</b> .....	<b>119</b>
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	<b>122</b>
<b>4.1 Caracterização da diversidade ambiental da região das Matas de Minas</b> .....	<b>122</b>
<b>4.2 Distribuição espacial da qualidade e relação entre ambiente e qualidade</b> .....	<b>125</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>128</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>134</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>137</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O café arábica (*Coffea arabica* L.) é uma das bebidas mais apreciadas e consumidas globalmente. Seu sabor característico é amplamente reconhecido, atraindo consumidores de diversas regiões do mundo (ICO, 2022). No mercado de cafés especiais, a origem do grão é amplamente valorizada (Silva; Vilas Boas; Teodoro, 2023), isso ocorre, pois, a qualidade sensorial do café é fortemente influenciada pela interação entre os diversos fatores ambientais, agronômicos e culturais, tornando-o um produto típico do *terroir* (Lucini; Rocchetti; Trevisan, 2020; Williams et al., 2022).

O Brasil, sendo o maior produtor e exportador do grão (USDA, 2023), possui diversas regiões cafeeiras, e cada uma delas tem potencial de produzir cafés de perfil sensorial característicos, que reflita as características locais. O estado de Minas Gerais se destaca com a maior produção nacional e seu parque cafeeiro em produção ocupa um território de 11107,53 km<sup>2</sup>, distribuído principalmente ao Sul, Leste e Oeste do estado (Adami et al., 2009; CONAB 2024). Os cafés de qualidade superior produzidos em Minas Gerais são reconhecidos por possuir grande diversidade sensorial (Barbosa et al., 2012; Fassio et al., 2017; Pinheiro, 2019).

Dentre as principais regiões cafeeiras de Minas Gerais merecem destaque as regiões Cerrado Mineiro e Mantiqueira de Minas, ambas com Indicação Geográfica na forma de Denominação de Origem, e as regiões Matas de Minas e Campo das Vertentes que possuem Indicação Geográfica na forma de Indicação de Procedência (Ministério Das Relações Exteriores, 2022). Além dessas, também é válido destacar a Região Vulcânica e Chapada de Minas que possuem marca coletiva (Café Da Região Vulcânica, 2023; Chapada de Minas, 2023), e a região Sul de Minas que possui grande importância na produção de café arábica (Alves; Lindner, 2020; CONAB 2024).

A valorização da origem do grão torna a diferenciação qualitativa dos cafés produzidos nessas regiões uma estratégia valiosa para agregar valor ao produto (Teuber, 2010). Isso é especialmente importante nas pequenas propriedades onde a produção do grão *commodity* pode não ser suficientemente grande para suprir o sustento familiar. Além disso, a diferenciação dos cafés pode auxiliar na aquisição de selos de indicação geográfica e certificações de qualidade, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômica das regiões (Neilson; Wright; Aklimawati, 2018). Dessa forma, na primeira parte deste trabalho, tanto a diversidade sensorial quanto a diferenciação dos *terroirs* foram estudadas a partir de amostras de cafés especiais produzidos e processados pelos próprios agricultores, utilizando os recursos disponíveis em suas fazendas.

Outro aspecto interessante a respeito da diferenciação qualitativa dos cafés com base na origem geográfica é que cada região possui suas próprias características inerentes a solo, clima, relevo e paisagem. Portanto, a interação entre esses fatores pode ocorrer de maneira distinta em cada local. Dessa forma, ao caracterizar os *terroirs* das regiões cafeeiras, também é importante considerar a distribuição espacial das características ambientais e quantificar a sua influência na qualidade sensorial dos cafés. Assim, na segunda parte desse estudo, foi proposto mapear a diversidade ambiental da região das Matas de Minas e investigar a relação entre as condições ambientais e a qualidade dos cafés desta região.

O Cupping ATeG Café+Forte é um concurso de qualidade de café que no ano de 2024 completou sua 8ª edição. O cupping é organizado pelo Sistema FAENG SENAR, que recebe amostras de café de agricultores sediados no estado de Minas Gerais e assistidos pelo programa de Assistência Técnica e Gerencial (ATeG). O ATeG é um programa destinado a pequenos e médios produtores rurais que nunca receberam assistência técnica e gerencial de maneira regular em suas propriedades (FAEMG SENAR, 2023). Ao longo dos anos, a organização do cupping reuniu um extenso banco de dados a respeito da qualidade sensorial dos cafés produzidos em várias regiões de Minas Gerais.

Nesse contexto, os objetivos principais desse estudo foram:

1 – Analisar o perfil sensorial dos cafés especiais de sete regiões de Minas Gerais, avaliados no Cupping ATeG Café+Forte, a fim de caracterizar e diferenciar os *terroirs*, bem como avaliar a diversidade de cada um deles, e;

2 – Caracterizar a diversidade ambiental da região das Matas de Minas com base nas principais variáveis que influenciam a qualidade sensorial do café, avaliar a distribuição espacial da qualidade na região e analisar a relação entre o ambiente e a qualidade sensorial dos cafés.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI et al. Avaliação da exatidão do mapeamento da cultura do café no Estado de Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14, 2009, Natal, INPE, p. 1-8. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/cafesat/artigos/AvaliacaoExatidaoMapeamentoCafe.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2024.
- ALVES, F. D.; LINDNER, M. Agronegócio do café no Sul de Minas Gerais: territorialização, mundialização e contradições. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 14, n. 2, p. 433-451, 2020.
- BARBOSA, J. N. et al. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of agricultural science**, v. 4, n. 5, p. 181, 2012.
- CAFÉ DA REGIÃO VULCÂNICA. **Além da Qualidade**. Disponível em: <https://regiaoovulcanica.org.br/>. Acesso em: 19 nov. de 2023.
- CHAPADA DE MINAS. **Região Chapada de Minas**. Disponível em: <http://www.chapadademinas.org.br>. Acesso em: 09 out. 2023.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Café**. Brasília: Conab, v. 11, n. 2, 2024 55p.
- FAENG SENAR. **Programa de Assistência Técnica e Gerencial – ATeG**. 2023. Disponível em: <http://www.sistemafaemg.org.br/o-que-e-sistema-faemg>. Acesso em: 06 out. 2023.
- FASSIO, L. O. et al. Sensory profile and chemical composition of specialty coffees from Matas de Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 9, p. 78, 2017.
- ICO, International Coffee Organization. **Annual Review: Coffee Year 2021/2022**. 2022. Disponível em: <https://www.ico.org/documents/cy2022-23/annual-review-2021-2022-e.pdf>. Acesso: 05 de mai de 2024.
- LUCINI, L.; ROCCHETTI, G.; TREVISAN, M. Extending the concept of *terroir* from grapes to other agricultural commodities: An overview. **Current Opinion in Food Science**, v. 31, p. 88-95, 2020.
- NEILSON, J.; WRIGHT, J.; AKLIMAWATI, L. Geographical indications and value capture in the Indonesia coffee sector. **Journal of Rural Studies**, v. 59, p. 35-48, 2018.
- PINHEIRO, A. C. T. **Perfil sensorial e repetibilidade de provadores de cafés especiais em Minas Gerais**. 2019. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2019.
- SILVA, M. G.; VILAS BOAS, L. H.e de B.a; TEODORO, A. J. da S.. Behind the “specialty”: personal values that influence the behavior of specialty coffee consumers. **British Food Journal**, v. 125, n. 5, p. 1716-1731, 2023.

TEUBER, R. Geographical indications of origin as a tool of product differentiation: The case of coffee. **Journal of International Food & Agribusiness Marketing**, v. 22, n. 3-4, p. 277-298, 2010.

WILLIAMS, S. D. et al. Does Coffee Have *Terroir* and How Should It Be Assessed? **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1907, 2022.

USDA, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. **Coffee: World Markets and Trade**, June 2023.

## **CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO E DIVERSIDADE SENSORIAL DOS CAFÉS ARÁBICAS PRODUZIDOS EM SETE REGIÕES DE MINAS GERAIS.**

### **RESUMO**

Objetivou-se com o estudo analisar o perfil sensorial dos cafés especiais produzidos em sete regiões de Minas Gerais avaliados no Cupping ATeG Café+Forte entre os anos 2019 a 2022, a fim de caracterizar e diferenciar os *terroirs* e avaliar a diversidade de cada um deles. Para caracterização dos *terroirs*, foram utilizadas estatística descritiva, estatística não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis e teste de Dunn) e análise multivariada (componentes principais e agrupamento hierárquico). Os descritores sensoriais (comentários realizados pelos provadores na ficha de avaliação) foram analisados por meio da análise de conteúdo. A diversidade dos *terroirs* foram avaliadas por meio de análise multivariada e análise de frequência dos descritores sensoriais. Os resultados indicaram que todas as regiões apresentaram forte potencial na produção de cafés especiais. A partir das análises realizadas, foi possível diferenciar os *terroirs* com base nas amostras de cafés especiais produzidas e processadas pelos próprios agricultores. Neste estudo, houve maior volume de amostras analisadas para os cafés “Naturais”, o que possibilitou maior diferenciação entre os *terroirs*. A análise de conteúdo, destacou as subcategorias de descritores sensoriais mais frequentes em cada região. De maneira geral, os cafés especiais das sete regiões apresentaram padrão semelhante nessa análise e possuem predominância dos descritores sensoriais nas subcategorias: “Caramelo”, “Frutado”, “Nozes”, “Chocolate”, “Frutas Cítricas” e “Frutas Amarelas”. O corpo desses cafés variou de “Suave” a “Cremoso”, a “Acidez Cítrica”, e a “Finalização Curta” são as mais frequentes, contudo, as “Finalizações Prolongadas” e “Prazerosas” também são comuns nesses *terroirs*. Na análise de componentes principais as regiões foram separadas espacialmente, evidenciando a diferenciação entre os *terroirs*. Também ficou evidente que, apesar da diferenciação, certas regiões compartilham alguns perfis sensoriais semelhantes entre si. Na análise da diversidade dos *terroirs*, observou-se grande diversidade sensorial entre as regiões estudadas, principalmente nos cafés “Naturais” das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas, onde houve maior volume de dados. Os descritores sensoriais “Mel”, “Rapadura”, “Floral” e “Frutado”, “Doce” e “Frutas Amarelas” estiveram mais associadas aos cafés especiais de qualidade “Excelente” ou “Excepcional”.

## 1 INTRODUÇÃO

O café arábica (*Coffea arabica* L.) é a espécie de café mais cultivada no mundo (USDA, 2023), é conhecida por proporcionar uma bebida de perfil sensorial agradável, com atributos de fragrância, aroma, doçura, sabor e acidez que atraem o mercado consumidor no mundo inteiro (Bressani et al., 2021). O Brasil, além de ser o maior produtor e exportador do grão (commodity) (USDA, 2023), tem se destacado na produção de cafés diferenciados e de qualidade superior (Guimarães et al., 2018), resultando em cafés finos, com aromas e sabores marcantes e distintos, vencedores e finalistas de diversas premiações, tanto no âmbito nacional quanto internacional (Maciel et al., 2021).

A diferenciação qualitativa do café, nos últimos anos, tornou-se um aspecto interessante para a agregação de valor ao produto (Donnetal; Dave; Hoehnc, 2007; Cruz; Caffarena; Solano, 2020). Dentre os diversos fatores relacionados à diferenciação da qualidade do café, a origem geográfica é um dos temas mais relevantes e abordados em diversos estudos (Zanin et al., 2016; Pinheiro, 2019; Filete et al., 2022). Isso ocorre, pois, os produtos cultivados em determinadas regiões refletem as características únicas daquele local. Esse fenômeno é conhecido como *terroir*, e acontece quando os fatores ambientais, genéticos, agronômicos e culturais interagem entre si e influenciam biologicamente a composição química dos frutos, que por sua vez afeta as propriedades sensoriais percebidas no café (Anesi et al., 2015; Williams et al., 2022).

O *terroir* é um termo francês utilizado inicialmente para diferenciar a qualidade do vinho produzido em diferentes regiões da França. Na sequência, esse conceito expandiu-se para outros produtos agrícolas em vários países do mundo (Lucini; Rocchetti; Trevisan, 2020). De forma geral, entende-se que o *terroir* delimita uma área geograficamente a partir de características em comum em um território, tais como tipo de solo, relevo, clima, topografia e paisagem, além dos fatores socioculturais como tradição, método de cultivo, dentre outros (Williams et al., 2022). No entanto, vale ressaltar que a interpretação desse conceito pode variar, principalmente quanto a extensão territorial que delimita um *terroir*, podendo ser desde pequenos talhões em uma propriedade (Silva et al., 2014a, 2018), até grades extensões territoriais, ao nível de país, por exemplo (Bitter et al., 2020; Conley; Wilson, 2020). Neste estudo, partiu-se do princípio de que cada região cafeeira do Brasil, mais especificamente em Minas Gerais, compõe um *terroir*, de forma que seja possível identificar traços sensoriais únicos em cada região.

Entretanto, vale ressaltar que mesmo em uma região delimitada geograficamente a partir dessas características em comum, há outras fontes de variações ao nível de microescala, que

também afetam consideravelmente a qualidade sensorial do café. Isso, por sua vez, é o reflexo das interações que podem ocorrer em pequenas variações de espaço. A exemplo disso, é possível citar as variações de altitude, que ocorrem principalmente em regiões montanhosas, onde pequenas variações no espaço podem ocasionar grandes variações de altitude, que por sua vez, influenciam a temperatura média do ar (Borém et al., 2019a).

Também é válido mencionar que os manejos adotados durante a condução das lavouras, colheita e pós-colheita (processamento, beneficiamento e armazenamento) são realizados individualmente por cada agricultor, considerando a infraestrutura, equipamentos e disponibilidade de mão de obra presentes em suas propriedades. O resultado da combinação de manejos adotados por cada agricultor é refletido na qualidade sensorial do café. Isso possibilita que uma mesma região produza cafés com vários tipos de perfis sensoriais, gerando uma determinada diversidade nos produtos de cada região, como verificado em vários estudos (Zaidan et al., 2017; Fassio et al., 2017; Scholz et al., 2018; Donfrancesco; Guzman; Chambers, 2019; Bravin, 2021).

Sabendo que o fator humano é essencial para a formação do *terroir*, o objetivo desse capítulo foi analisar o perfil sensorial de cafés de alta qualidade produzidos e processados por agricultores de sete regiões de Minas Gerais, Brasil, provados em quatro edições do Cupping ATeG Café+Forte (2019 a 2022), a fim de caracterizar e diferenciar os *terroirs*, bem como avaliar a diversidade de cada um deles.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta de dados**

O estudo foi realizado a partir de dados da qualidade sensorial de café arábica gerados durante quatro edições do Cupping ATeG Café+Forte (2019 a 2022). O Cupping é organizado anualmente pelo Sistema FAEMG/SENAR/INAES/SINDICATOS que une as entidades: Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (FAEMG), a regional de Minas Gerais do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR MINAS), o Instituto Antonio Ernesto de Salvo (INAES) e os Sindicatos dos Produtores Rurais de Minas Gerais (FAEMG SENAR, 2023a). O Cupping ATeG Café+Forte, recebe amostras de produtores sediados no estado de Minas Gerais e assistidos pelo programa de Assistência Técnica e Gerencial (ATeG). O ATeG é destinado a pequenos e médios produtores rurais que nunca receberam assistência técnica e gerencial de maneira regular em suas propriedades (FAEMG SENAR, 2023b).

Amostras de café provenientes dos anos correspondentes aos concursos foram divididas em duas categorias com base no método de processamento: “Natural” e “Cereja Descascado” e analisadas conforme a categoria:

- Categoria “Natural”: foram incluídos os cafés que passaram pelo processo de secagem sem a remoção da casca.
- Categoria “Cereja Descascado”: foram avaliados os cafés que após passarem pela etapa de limpeza e separação dos frutos secos, foram submetidos a descascadores mecânicos. Estes aparelhos descascam e separam apenas os frutos maduros (cereja), sendo esse procedimento realizado antes da secagem.

O processo de avaliação foi conduzido “às cegas” com as amostras devidamente codificadas, sendo realizada em duas etapas. Na primeira etapa, realizou-se a avaliação física das amostras, considerando os parâmetros de umidade, cor, tamanho dos grãos e quantidade de defeitos. Essa etapa teve caráter eliminatório sendo desclassificados os cafés com umidade inferior a 10% ou superior a 12%; grãos pequenos, onde o vazamento na peneira 16 foi superior a 5%; classificação quanto ao tipo, maior que tipo 2 (com mais de 4 defeitos) conforme a tabela oficial brasileira de classificação; e amostras com coloração amarelada, esbranquiçada e discrepante.

Na segunda etapa, procedeu-se com a avaliação sensorial da bebida por meio da prova de xícara, sendo esta etapa de caráter classificatório. Nessa etapa, foram avaliados os atributos sensoriais de Fragrância/Aroma, Sabor, Retrogosto (ou Finalização), Corpo, Acidez, Doçura, Ausência de Defeitos (ou Bebida Limpa), Uniformidade, Balanço (ou Equilíbrio) e Geral (ou final). Todos os procedimentos da avaliação sensorial foram realizados por instrutores do SENAR MINAS, profissionais de torra e degustação de café.

Para isso, as amostras de café foram torradas durante 8 a 12 minutos, e mantidas em repouso mínimo de 8 e máximo de 24 horas antes da degustação. Posteriormente, cada amostra foi devidamente pesada, sendo distribuída 8,25 g de café torrado em grãos por xícara com capacidade de 150 ml (proporção, café/água 55 g/L  $\pm$  10%). Para cada amostra de café, foram preparadas cinco xícaras de degustação.

As amostras foram moídas e o atributo Fragrância foi avaliado no pó ainda seco, em um período máximo de 15 minutos após a moagem. Em seguida, procedeu-se com a infusão com água quente (temperatura entre 92 e 95 °C). Após 4 minutos de infusão, avaliou-se o atributo Aroma durante a quebra da crosta formada na superfície da xícara, seguido pela limpeza da mesma. É importante destacar que, embora avaliados em momentos distintos, Fragrância/Aroma são considerados um único atributo. Após 12 minutos de infusão, o café

atingiu uma temperatura agradável para iniciar a degustação, momento em que os demais atributos foram avaliados.

Os atributos Uniformidade, Ausência de Defeitos e Doçura foram avaliados atribuindo-se dois pontos para cada xícara que apresentou normalidade em cada atributo. Os demais atributos foram avaliados conforme sua intensidade, seguindo uma escala de 6 a 10 pontos, com intervalos de 0,25 ponto. A soma das notas desses atributos gerou a Pontuação Total. Caso houvesse defeitos, a pontuação correspondente foi subtraída da Pontuação Total, resultando na Nota Final (ou pontuação final) (SCA, 2023a).

Além disso, os provadores também incluíram comentários detalhados nas fichas de avaliação, destacando os descritores sensoriais e as nuances percebidas em cada café. Esses registros sensoriais foram realizados na tentativa de descrever as Fragrâncias, Aromas, Sabores, complexidade do Corpo, Acidez e Finalização de cada amostra de café. A avaliação dos descritores sensoriais foi conduzida de forma subjetiva, na qual, cada avaliador utilizou suas memórias sensoriais para descrever os cafés, de maneira individualizada. Após a avaliação de todas as amostras, e com base na Nota Final da avaliação sensorial, foi realizado o ranqueamento dos cafés e determinado os ganhadores do Cupping ATeG Café+Forte, em cada edição.

Para este estudo, foram utilizadas as notas médias dos atributos sensoriais de Fragrância/Aroma, Sabor, Corpo, Acidez, Retrogosto, Balanço, Geral, Nota Final e os descritores sensoriais de todos os cafés que atingiram a pontuação mínima para serem classificados como café especial (Nota Final  $\geq$  80 pontos), seguindo o protocolo de avaliação SCA. Os atributos Uniformidade, Doçura e Ausência de Defeitos foram desconsiderados deste estudo, uma vez que, se tratando de cafés de alta qualidade, não foram verificadas nenhuma anormalidade nesses atributos.

## **2.2 Regiões estudadas**

Durante as quatro edições do cupping, foi possível reunir dados relacionados a qualidade sensorial de 1903 amostras de café especial, produzidos em sete regiões do estado Minas Gerais, sendo elas: Matas de Minas, Mantiqueira de Minas, Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Chapada de Minas, Campo das Vertentes e Região Vulcânica (Tabela 1 e Figura 1).

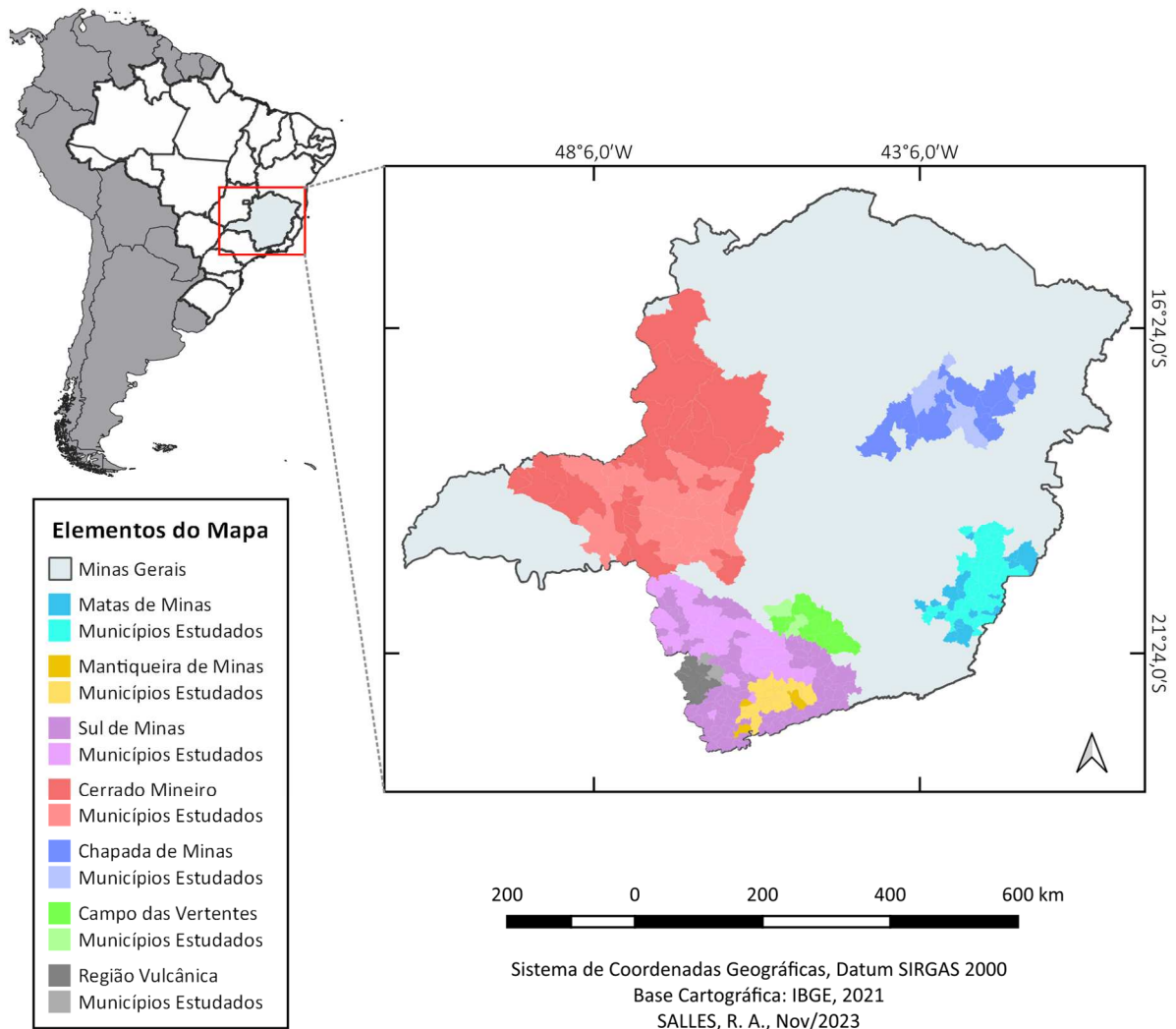
Tabela 1 – Número de amostras de café especial, “Natural” e “Cereja Descascado”, proveniente de sete regiões de Minas Gerais, analisadas durante quatro edições do Cupping ATeG Café+Forte (2019 a 2022).

Ano	Número de amostras de café especial de cada região													
	Mat		Man		Sul		Cer		Chap		C.Ver		R.Vul	
	Nat	CD	Nat	CD	Nat	CD	Nat	CD	Nat	CD	Nat	CD	Nat	CD
2019	77	16	92	3	37	19	9	1	-	-	7	-	4	-
2020	115	35	130	7	111	17	26	-	2	1	12	-	11	5
2021	119	12	66	5	78	2	20	-	18	1	4	-	27	3
2022	272	16	107	8	251	26	44	3	43	5	33	3	-	-
<b>Total</b>	<b>583</b>	<b>79</b>	<b>395</b>	<b>23</b>	<b>477</b>	<b>64</b>	<b>99</b>	<b>4</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>56</b>	<b>3</b>	<b>42</b>	<b>8</b>
	662		418		541		103		70		59		50	

Mat: Matas de Minas. Man: Mantiqueira de Minas. Sul: Sul de Minas. Cer: Cerrado Mineiro. Chap: Chapada de Minas. C.Ver: Campo das Vertentes. R.Vul: Região Vulcânica. Nat: Natural. CD: Cereja Descascado.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 1 – Mapa com a localização das sete regiões de Minas Gerais estudadas e municípios com amostras de café especial avaliadas no Cupping ATeG Café+Forte, entre os anos 2019 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa e utilizando a base cartográfica do IBGE, 2021.

### 2.2.1 Matas de Minas

Matas de Minas está localizada na parte Leste de Minas Gerais, delimitada pelos paralelos 19° 21' 0'' a 21° 18' 0'' de latitude sul e 41° 22' 48'' a 43° 10' 48'' de longitude oeste (Figura 1). Esta área abrange um total de 64 municípios, sendo caracterizada pelo bioma Mata Atlântica (Região das Matas de Minas, 2021). A região apresenta clima do tipo subtropical úmido, marcado por invernos secos e verões temperados a quentes, com classificação climática variando de Cwa a Cwb conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação anual varia de 1200 a 1600 mm e as temperaturas médias anuais estão entre 18 e 22 °C. O relevo é preponderantemente montanhoso, com uma topografia caracterizada por terreno acidentado com altitude variando de 600 a 1400 m acima do nível do mar (ABDI, ICNA e SEBRAE, 2023). A região se destaca na produção de café arábica e possui Indicação de Procedência desde 2020. Além disso, é responsável por cerca de 24% da produção estadual de café. A cafeicultura da região das Matas de Minas é majoritariamente realizada por pequenos agricultores em propriedades de pequeno porte (Região das Matas de Minas, 2021; CONAB, 2023).

Os dados utilizados nesse estudo incluem 662 amostras de café especial produzidas em 46 municípios da região das Matas de Minas, sendo eles: Alto Caparaó, Alto Jequitibá, Araponga, Caparaó, Caputira, Carangola, Caratinga, Divino, Durandé, Entre Folhas, Ervalha, Espera Feliz, Eugénópolis, Fervedouro, Imbé de Minas, Inhapim, Laginha, Luisburgo, Manhuaçu, Manhumirim, Martins Soares, Matipó, Miradouro, Orizânia, Paula Cândido, Pedra Bonita, Pedra Dourada, Piedade da Caratinga, Raul Soares, Reduto, Santa Barbara do Leste, Santa Margarida, Santa Rita de Minas, Santana do Manhuaçu, São Domingos das Dores, São João do Manhuaçu, São José do Mantimento, São Miguel do Anta, São Sebastião da Vargem Alegre, São Sebastião do Anta, Simonésia, Tombos, Ubaporanga, Vermelho Novo, Viçosa e Vieiras (Tabela 1 e Figura 1).

### 2.2.2 Mantiqueira de Minas

Mantiqueira de Minas está localizada no Sul e Sudeste de Minas Gerais, abrange a faixa mineira da Serra da Mantiqueira. A região é delimitada pelos paralelos 21° 39' 36'' a 22° 41' 24'' de latitude sul e 44° 40' 48'' a 45° 57' 36'' de longitude oeste (Figura 1) e engloba 25 municípios (APROCAM, 2018). A região encontra-se inserida no bioma Mata Atlântica e apresenta clima do tipo subtropical úmido, com classificação climática variando de Cwb

(inverno seco e verão temperado) a Cwc (inverno seco e verão curto e frio), conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual é de aproximadamente 1665 mm, e as temperaturas médias anuais ficam em torno de 17,9 °C. O relevo da região é montanhoso, com uma topografia caracterizada por terreno acidentado com altitude variando de 800 a 2200 m acima do nível do mar (ABDI, ICNA e SEBRAE, 2023). A região merece destaque na produção de café de qualidade, possuindo Indicação de Procedência desde 2011 e Denominação de Origem desde 2020 (Ministério das Relações Exteriores, 2022). A cafeicultura da região é na maioria originada da agricultura familiar em pequenas propriedades (Mantiqueira de Minas, 2023).

Os dados utilizados nesse estudo incluem 418 amostras de café especial produzidas em 20 municípios da região Mantiqueira de Minas, sendo eles: Baependi, Brazópolis, Cachoeira de Minas, Cambuquira, Campanha, Carmo de Minas, Caxambu, Conceição das Pedras, Conceição do Rio Verde, Cristina, Dom Viçoso, Heliódora, Jesuânia, Lambari, Natércia, Olímpio Noronha, Pedralva, Piranguinho, Santa Rita do Sapucaí e São Gonçalo do Sapucaí (Tabela 1 e Figura 1).

### **2.2.3 Sul de Minas**

Sul de Minas é uma mesorregião delimitada pelos paralelos 20° 10' 12'' a 22° 54' 0'' de latitude sul e 44° 0' 0'' a 47° 17' 24'' de longitude oeste (Figura 1) e engloba 155 municípios (Minas Gerais, 2023). Contudo, vale ressaltar que a região Sul de Minas engloba outras regiões menores, tais como Mantiqueira de Minas e Região Vulcânica, assim, após desconsiderar os municípios destas regiões, Sul de Minas fica com um total de 122 municípios. A região encontra-se inserida no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2019) e apresenta clima subtropical úmido, com classificação climática predominante do tipo Cwb, caracterizado por invernos secos e verões temperados conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual entre 1450 a 1650 mm e as temperaturas médias anuais ficam em torno de 18 a 20 °C. O relevo da região é montanhoso, com altitude podendo chegar a 1400 m acima do nível do mar (Reboita et al., 2015; BSCA, 2023). Sul de Minas é a região com maior produção de café de Minas Gerais, responsável por cerca de 47% da produção estadual (CONAB, 2023). A cafeicultura da região é caracterizada pela combinação entre o tradicionalismo dos pequenos agricultores com a modernidade de propriedades maiores, com maior nível profissional e tecnológico (Almeida et al., 2016).

Os dados avaliados nesse estudo incluem 541 amostras de café especial, produzidas em 40 municípios da região Sul de Minas, sendo eles: Alpinópolis, Alterosa, Areado, Boa Esperança, Bom Jesus da Penha, Campos Gerais, Careaçú, Carmo da Cachoeira, Carmo do Rio Claro, Claraval, Conceição da Aparecida, Coqueiral, Cruzília, Delfinópolis, Elói Mendes, Entre Rios de Minas, Fama, Guaranésia, Ibiraci, Illicenia, Inconfidentes, Monsenhor Paulo, Monte Belo, Monte Santo de Minas, Muzambinho, Nepomuceno, Nova Resende, Paraguaçu, Passos, Poço Fundo, Santana da Vargem, São José da Barra, São Pedro da União, São Sebastião do Paraíso, São Tomé das Letras, São Tomás de Alquino, Tapirai, Três Corações, Três Pontas e Varginha (Tabela 1 e Figura 1).

#### **2.2.4 Cerrado Mineiro**

O Cerrado Mineiro está localizado na parte Oeste de Minas Gerais, delimitada entre os paralelos 15° 46' 48'' a 20° 06' 36'' de latitude sul e 45° 10' 48'' a 49° 25' 48'' de longitude oeste (Figura 1). A região abrange 55 municípios, distribuídos nas áreas do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste do estado (Barbosa et al., 2010). O clima é dividido entre tropical e subtropical, com classificação climática variando entre os tipos Aw, Cwa e Cwb conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual varia de 1000 a 1400 mm, e as temperaturas médias anuais ficam em torno de 22 a 26 °C (Reboita et al., 2015). A região é caracterizada por uma topografia plana, com altitudes variando entre 800 a 1200 m acima do nível do mar (Barbosa et al., 2010). A região se destaca na produção de café arábica comercial, responsável por cerca de 25% na produção estadual. Além disso, a região possui Indicação de Procedência desde 2005 e Denominação de Origem desde 2014 (Ministério das Relações Exteriores, 2022; Região do Cerrado Mineiro, 2015). A cafeicultura da região é caracterizada por ser mais dinâmica e moderna, geralmente cultivada em propriedades de médio e grande porte de caráter empresarial (Almeida et al., 2016).

Os dados avaliados nesse estudo incluem 103 amostras de café especial produzidas em 23 municípios da região do Cerrado Mineiro, sendo eles: Araguari, Arapuá, Araxá, Campos Altos, Carmo do Paranaíba, Córrego Danta, Cascalho Rico, Cruzeiro da Fortaleza, Estrela do Sul, Ibiá, Indianópolis, Monte Carmello, Medeiros, Patos de Minas, Patrocínio, Perdizes, Pratinha, Rio Paranaíba, Santa Rosa da Serra, São Gotardo, Serra do Salitre, Tapira e Uberaba (Tabela 1 e Figura 1).

### 2.2.5 Chapada de Minas

Chapada de Minas está localizada na parte Nordeste de Minas Gerais, delimitada pelos paralelos 16° 55' 00'' a 18° 26' 24'' de latitude sul e 41° 18' 36'' a 44° 4' 48'' de longitude oeste (Figura 1), a região compreende o Vale do Jequitinhonha e Mucuri e engloba 22 municípios (Chapada de Minas, 2023). O território da região ocupa áreas de clima tropical dos tipos Aw (inverno seco) e subtropical dos tipos Cwa (inverno seco e verão quente) e Cwb (inverno seco e verão tropical), conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual varia entre 700 a 1250 mm, enquanto as temperaturas médias anuais ficam entre 19 e 25 °C (Reboita et al., 2015). A altitude da região varia entre 500 a 1200 m de altitude (IBGE, 2023). A região também se destaca na produção de café arábica e possui marca coletiva registrada desde 2019 (Chapada de Minas, 2023).

Os dados avaliados nesse estudo incluem 70 amostras de café especial, produzidos em 8 municípios da região Chapada de Minas, sendo eles: Água Boa, Angelândia, Aricanduva, Carbonita, Capelinha, Itaipe, José Gonçalves de Minas e Turmalina (Tabela 1 e Figura 1).

### 2.2.6 Campo das Vertentes

Campo das Vertentes está localizada no Centro-Leste de Minas Gerais, delimitada entre os paralelos 20° 28' 12'' a 21° 24' 0'' de latitude sul e 44° 00' 00'' a 45° 30' 36'' de longitude oeste (Figura 1), e abrange 17 municípios (INPI, 2020; ACAVE, 2023). A região encontra-se inserida no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2019) e apresenta clima subtropical úmido, com classificação climática predominante do tipo Cwb, caracterizado por invernos secos e verões temperados, conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual está entre 1200 a 1400 mm, e as temperaturas médias anuais ficam em torno de 21 a 22 °C (Reboita et al., 2015). O relevo da região é montanhoso, com altitude entre 500 a 1000 m acima do nível do mar (INPI, 2020). A região também merece destaque na produção de café e possui indicação de procedência desde 2020 (ACAVE, 2023).

Os dados avaliados nesse estudo incluem 59 amostras de café especial, produzidos em 4 municípios da região Campo das Vertentes, sendo eles: Camacho, Candeias, Perdões e Santo Antônio do Amparo (Tabela 1 e Figura 1).

### 2.2.7 Região Vulcânica

A Região Vulcânica está localizada entre os paralelos 21° 22' 12'' a 22° 10' 48'' de latitude sul e 46° 04' 48'' a 46° 52' 12'' de longitude oeste (Figura 1), delimitada pela caldeira de um vulcão extinto há 80 milhões de anos, na divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo. A região abrange 12 municípios, sendo que 8 deles pertencem a Minas Gerais (Café da Região Vulcânica, 2023). O bioma predominante é o da Mata Atlântica e o clima é caracterizado como subtropical úmido, de classificação climática do tipo Cwb, conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual é de aproximadamente 1700 mm, e as temperaturas médias variam entre 17 a 20 °C. A cafeicultura da região possui uma marca coletiva denominada Café da Região Vulcânica registrada desde 2022 (Café da Região Vulcânica, 2023).

Os dados avaliados nesse estudo incluem 50 amostras de café especial produzidas em 2 municípios da parte mineira da Região Vulcânica, sendo eles: Cabo Verde e Campestre (Tabela 1 e Figura 1).

## 2.3 Análise de dados

Os dados foram separados conforme o método de processamento, “Natural” e “Cereja Descascado” e, então, analisados em duas etapas: inicialmente buscou-se explorar os dados a fim de caracterizar os cafés especiais das diferentes regiões e observar as principais diferenças entre os *terroirs*; em seguida, avaliou-se a diversidade dos cafés de cada região.

### 2.3.1 Caracterização e diferenciação dos *terroirs*

A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar os cafés das diferentes regiões, considerando o número total de amostras avaliadas na segunda etapa do cupping, percentual de amostras de café nas categorias “Natural” e “Cereja Descascado”, percentual de amostras classificadas como café especial, altitude média das propriedades inscritas no cupping e principais variedades cultivadas em cada região. Na sequência foram avaliadas as notas máximas, média, mínima, mediana, primeiro e terceiro quartil de cada atributo sensorial.

Para a comparação das características sensoriais dos *terroirs*, foi aplicado métodos estatísticos não paramétricos, uma vez que a natureza dos dados não atendia aos pressupostos da anova e apresentavam diferentes números de amostras em cada região. Os dados foram

submetidos ao teste de significância de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ) e, quando apresentavam diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Dunn, também ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).

Além disso, foi realizado a análise dos descritores sensoriais, utilizando o método de análise de conteúdo (Bardin, 1977), o qual utiliza estratégia temática. Essa análise foi realizada em três etapas, sendo elas: 1) pré-análise; 2) exploração e tratamento dos dados e 3) interpretação dos resultados.

- A pré-análise consistiu na leitura do material e síntese inicial das ideias, estabelecendo indicadores temáticos para a organização dos descritores sensoriais.
- Na etapa de exploração e tratamento dos dados, os descritores foram agrupados em categorias, subcategorias e subsubcategorias conforme o tema de cada comentário. As categorias, subcategorias e subsubcategorias foram estabelecidas conforme as características sensoriais dos cafés avaliados e, com base na categorização preestabelecida em estudos anteriores da mesma natureza (Sobreira et al., 2015; Pinheiro, 2015, 2019; Bravin, 2021). Na sequência, foi estabelecida a frequência absoluta de descritores em cada categoria e transformada em frequência relativa.
- Na terceira etapa, os resultados obtidos foram interpretados e descritos conforme as frequências relativas observadas.

Além disso, também foram aplicadas técnicas de análise multivariada a fim de identificar padrões que pudessem diferenciar os *terroirs* a partir das características sensoriais dos cafés. A análise de componentes principais foi realizada com base na matriz de correlação padronizada, sendo as amostras estratificadas por região, para permitir a identificação visual dos *terroirs*. Para auxiliar a interpretação dos resultados, também foram calculados os centroides e as elipses de confiança das regiões, ao nível de 95% de confiança.

Posteriormente, procedeu-se com uma análise de agrupamento hierárquico, utilizando a distância euclidiana padronizada média e seguindo o algoritmo de agrupamento das ligações completas. Essa análise foi representada na forma de dendrograma, sendo o ponto de corte obtido pelo critério definido por Mojena (1997). Além disso, também foi calculado o coeficiente de correlação entre a matriz das distâncias originais e a matriz das distâncias cofenética (coeficiente de correlação cofenética). Em seguida, foi aplicado o teste de randomização de Mantel (1967), baseado em mil permutações de linhas e colunas da matriz cofenética, para testar a hipótese de correlação nula entre a matriz cofenética e a matriz de distância original.

### 2.3.2 Estudo da diversidade dos *terroirs*

A diversidade dos cafés especiais de cada região foi estudada por meio das técnicas de análise multivariada, com base nas características sensoriais dos cafés. A análise de componentes principais foi desenvolvida a partir da matriz de correlação padronizada. Nessa análise, as amostras foram estratificadas em função do método de processamento, para permitir a identificação visual dos cafés “Naturais” e “Cereja Descascado”. Em seguida, procedeu-se com a análise de agrupamento hierárquico dos cafés de cada região, seguindo os mesmos procedimentos metodológicos descritos anteriormente.

Para finalizar, foi realizada uma análise de frequência dos descritores sensoriais, mantendo a originalidade dos comentários escritos pelos provadores nas fichas de avaliação. Essa análise foi representada na forma de Word Cloud (Nuvem de Palavras), onde o tamanho da fonte representa a frequência com que o descritor sensorial surgiu nos comentários dos cafés de cada região. Dessa forma, o maior tamanho da fonte indica maior frequência do descritor sensorial.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o auxílio do software R (R Core Team, 2019). Para a confecção e visualização gráfica da estatística descritiva e dos resultados da análise de conteúdo utilizou-se o pacote “ggplot2” (Wickham, 2016). As análises multivariadas foram realizadas por meio do pacote “stats” (R Core Team, 2019) e a visualização gráfica por meio dos pacotes “factoextra” (Kassambara; Mundt, 2020), “dendextend” (Galili et al., 2024) e “circlize” (Gu, 2024). Por fim, a análise de frequência dos descritores sensoriais (Word Cloud) foi realizada com auxílio do pacote “wordcloud” (Fellows, 2018).

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Caracterização e diferenciação dos *terroirs*

O resumo descritivo dos cafés avaliados na segunda fase (análise sensorial) do Cupping ATeG Café+Forte entre os anos de 2019 e 2022 está apresentado na Tabela 2. As regiões Matas de Minas, Sul de Minas e Mantiqueira de Minas se destacam em termos de número de amostras avaliadas, ocupando as três primeiras posições, com 1077, 1047 e 568 amostras avaliadas respectivamente. A maioria dos cafés avaliados no cupping foram processados pelo método de

processamento “Natural”. Os cafés “Cereja Descascado” não representaram mais do que 11% das amostras totais, independentemente da região estudada.

Tabela 2 – Resumo descritivo das amostras de café avaliadas durante quatro edições do Cupping ATeG Café+Forte (2019 a 2022), provenientes de sete regiões de Minas Gerais.

Região	Nº de Amostras	Processamento (%)	% Cafés Especiais	Nota Final Máxima	Altitude Média (m)	Principais Cultivares (%)
Matas de Minas	1077	89% Natural	61%	87,88	935	68% Catuaí Vermelho
		11% Cereja Descascado	64%	87,69		11% Catucaí Vermelho 7% Catuaí Amarelo 14% Outras
Mantiqueira de Minas	568	95% Natural	68%	90,30	1060	52% Catuaí Vermelho
		5% Cereja Descascado	77%	86,88		16% Catuaí Amarelo 11% Mundo Novo 6% Catucaí Amarelo 15% Outras
Sul de Minas	1047	95% Natural	47%	88,00	880	51% Catuaí Vermelho
		5% Cereja Descascado	84%	86,07		19% Mundo Novo 14% Catuaí Amarelo 16% Outras
Cerrado Mineiro	187	96% Natural	55%	87,25	1010	48% Catuaí Vermelho
		4% Cereja Descascado	57%	84,94		11% Mundo Novo 7% Catuaí Amarelo 6% Catucaí Vermelho 28% Outras
Chapada de Minas	119	90% Natural	57%	86,00	940	67% Catuaí Vermelho
		10% Cereja Descascado	58%	83,88		19% Catuaí Amarelo 10% Catiguá 4% Outras
Campo das Vertentes	127	94% Natural	70%	84,92	1050	35% Catuaí Vermelho
		6% Cereja Descascado	71%	80,67		20% Catuaí Amarelo 13% Acaiá 13% Catucaí Vermelho 13% Mundo Novo 6% Outras
Região Vulcânica	134	90% Natural	35%	83,56	1070	45% Catuaí Vermelho
		10% Cereja Descascado	57%	81,50		39% Catuaí Amarelo 8% Mundo Novo 8% Outras
<b>Nº Total de Amostras</b>	3259	93% Natural	53%	90,30		
		7% Cereja Descascado	79%	87,69		

Nº de Amostras: Número total de amostras de café analisadas na prova de xícara (análise sensorial).

% Cafés Especiais: percentual de amostras de café que atingiram nota final maior ou igual 80 pontos.

Altitude Média foi calculada a partir dos dados de altitude das propriedades inscritas no Cupping.

As cultivares das linhagens catuaí e catucaí foram agrupadas conforme a cor dos frutos.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Campo das Vertentes, Mantiqueira de Minas e Matas de Minas foram as regiões que apresentaram os maiores percentuais de amostras classificadas como café especial, no processamento “Natural”, sendo 70%, 68% e 60%, respectivamente. Em contrapartida, no processamento “Cereja Descascado” foram as regiões Sul de Minas, Mantiqueira de Minas e Campo das Vertentes que mais se destacaram, com 84%, 77% e 71%, nessa ordem. Apesar do menor número de amostras “Cereja Descascado”, esse método de processamento apresentou o

maior percentual de cafés especiais, independentemente da região. Outro aspecto relevante observado nesse estudo foi que a Nota Final Máxima foi consistentemente superior nos cafés “Naturais” (Tabela 2).

A altitude média das propriedades manteve-se acima dos 1000 metros nas regiões Mantiqueira de Minas, Cerrado Mineiro, Campo das Vertentes e Região Vulcânica. Nas demais regiões, a altitude média foi superior a 880 metros. Dentre as cultivares mais plantadas, a cultivar Catuaí Vermelho se destacou como a principal em todas as regiões, sendo essa a cultivar de café arábica mais tradicional do estado de Minas Gerais. A segunda cultivar mais plantada foi dividida entre: Mundo Novo nas regiões Sul de Minas e Cerrado Mineiro; Catuaí Amarelo nas regiões Mantiqueira de Minas, Chapada de Minas, Campo das Vertentes e Região Vulcânica; e Catucaí Vermelho na região das Matas de Minas. Quaisquer cultivares que representaram menos do que 5% do total de cultivares, foram incluídas em “Outras” (Tabela 2). O percentual das demais cultivares pode ser consultado no apêndice desse capítulo.

A análise de Kruskal-Wallis para os atributos sensoriais e Nota Final dos cafés especiais processados via “Natural” e “Cereja Descascado”, demonstrou efeito significativo da região (*terroir*) em todos os atributos e Nota Final dos cafés “Naturais” a 5% de probabilidade (Tabela 3). Porém, para os cafés “Cereja Descascado” não houve efeito significativo entre as regiões nos atributos Sabor e Acidez, mas apresentou diferenças significativas para Fragrância/Aroma, Retrogosto e Nota Final a 1% de probabilidade e para Corpo, Balanço e Geral a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Resumo do teste de significância de Kruskal-Wallis para os atributos sensoriais e Nota Final dos cafés “Natural” e “Cereja Descascado”, de sete regiões de Minas Gerais.

		Natural							
FV	GL	Fragrância/ Aroma	Sabor	Retrogosto	Acidez	Corpo	Balanço	Geral	Nota Final
X <sup>2</sup>	6	50,52	53,94	58,87	66,62	55,03	84,36	48,05	63,82
p-valor		0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
M.G.		7,66	7,51	7,35	7,44	7,39	7,40	7,41	82,02
		Cereja descascado							
FV	GL	Fragrância/ Aroma	Sabor	Retrogosto	Acidez	Corpo	Balanço	Geral	Nota Final
X <sup>2</sup>	6	12,34	10,13	14,67	8,60	17,10	16,31	16,83	12,55
p-valor		0,05*	0,12 <sup>ns</sup>	0,02*	0,20 <sup>ns</sup>	0,01**	0,01**	0,01**	0,05*
M.G.		7,66	7,55	7,40	7,50	7,44	7,45	7,43	82,30

\*\* e \* significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo. FV: fonte de variação. GL: grau de liberdade. M.G.: Média Geral.

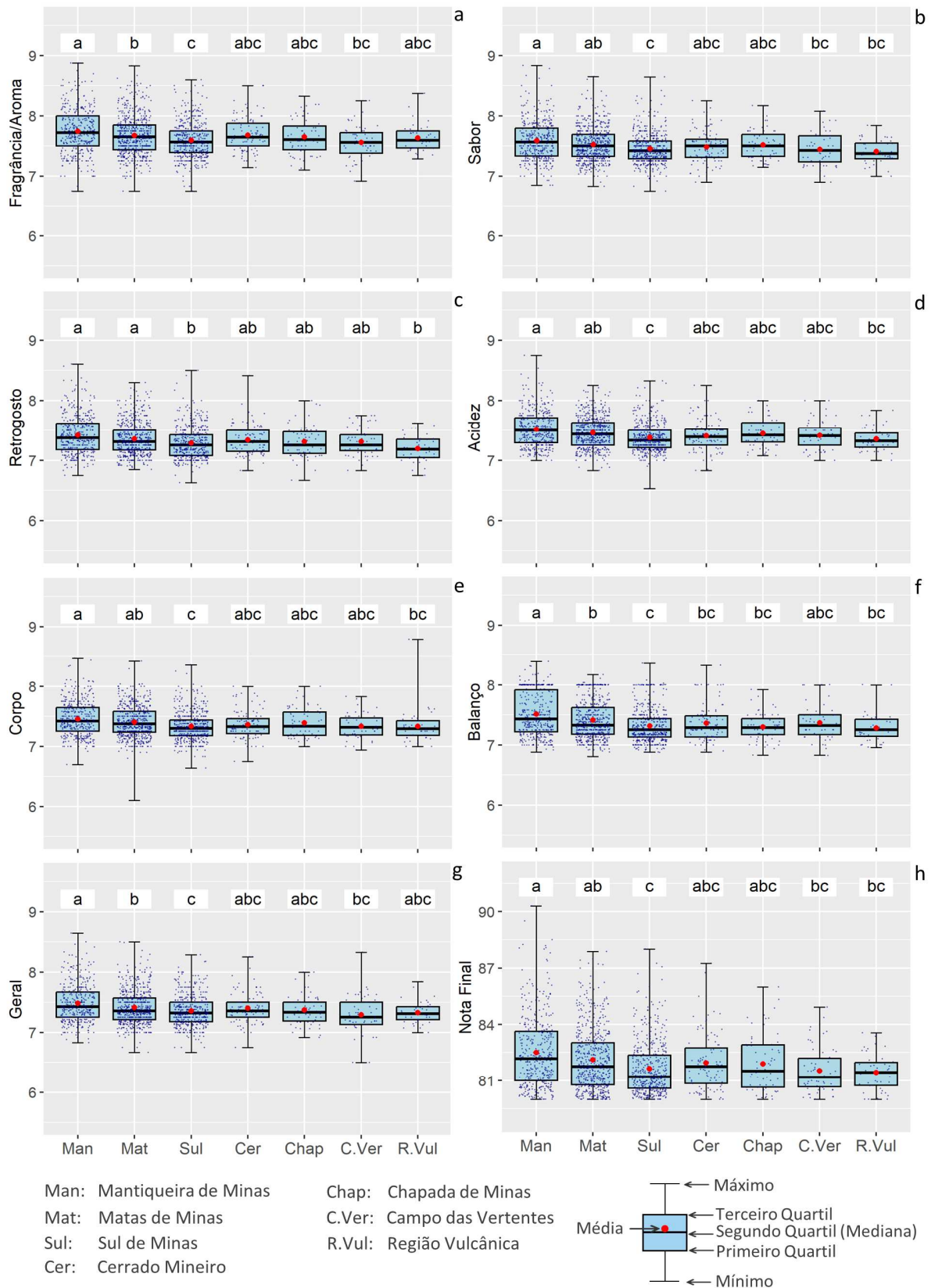
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

As médias, medianas, intervalos interquartis, valores máximos e mínimos, bem como a comparação das médias dos atributos sensoriais pelo teste Dunn dos cafés “Naturais”, são

apresentados na Figura 2. Ao analisar a diversidade dos cafés “Naturais”, com base na dispersão dos dados, medida através da amplitude de variação entre a nota máxima e a nota mínima, observou-se uma grande diversidade nos cafés estudados, principalmente os cafés das regiões Mantiqueira de Minas, Matas de Minas e Sul de Minas (Figura 2). Ao avaliar o intervalo interquartil dos cafés “Naturais”, como medida de dispersão dos dados, constatou-se que, de maneira geral, a distribuição das notas em torno da média manteve-se semelhante entre as regiões em todos os atributos, com exceção apenas do atributo Balanço, onde a amplitude do intervalo interquartil foi consideravelmente maior para a região de Mantiqueira de Minas (Figura 2f).

Os mesmos parâmetros também foram avaliados para os cafés “Cereja Descascado” e podem ser observados na Figura 3. Para esses cafés, foi observada menor amplitude de variação entre as notas máximas e as notas mínimas dos atributos. Por outro lado, as regiões apresentaram maior variação na amplitude dos intervalos interquartis dos atributos desses cafés (Figura 3) quando comparada aos cafés “Naturais” (Figura 2). Provavelmente esses resultados foram obtidos em virtude do menor volume de dados disponíveis para os cafés “Cereja Descascado”.

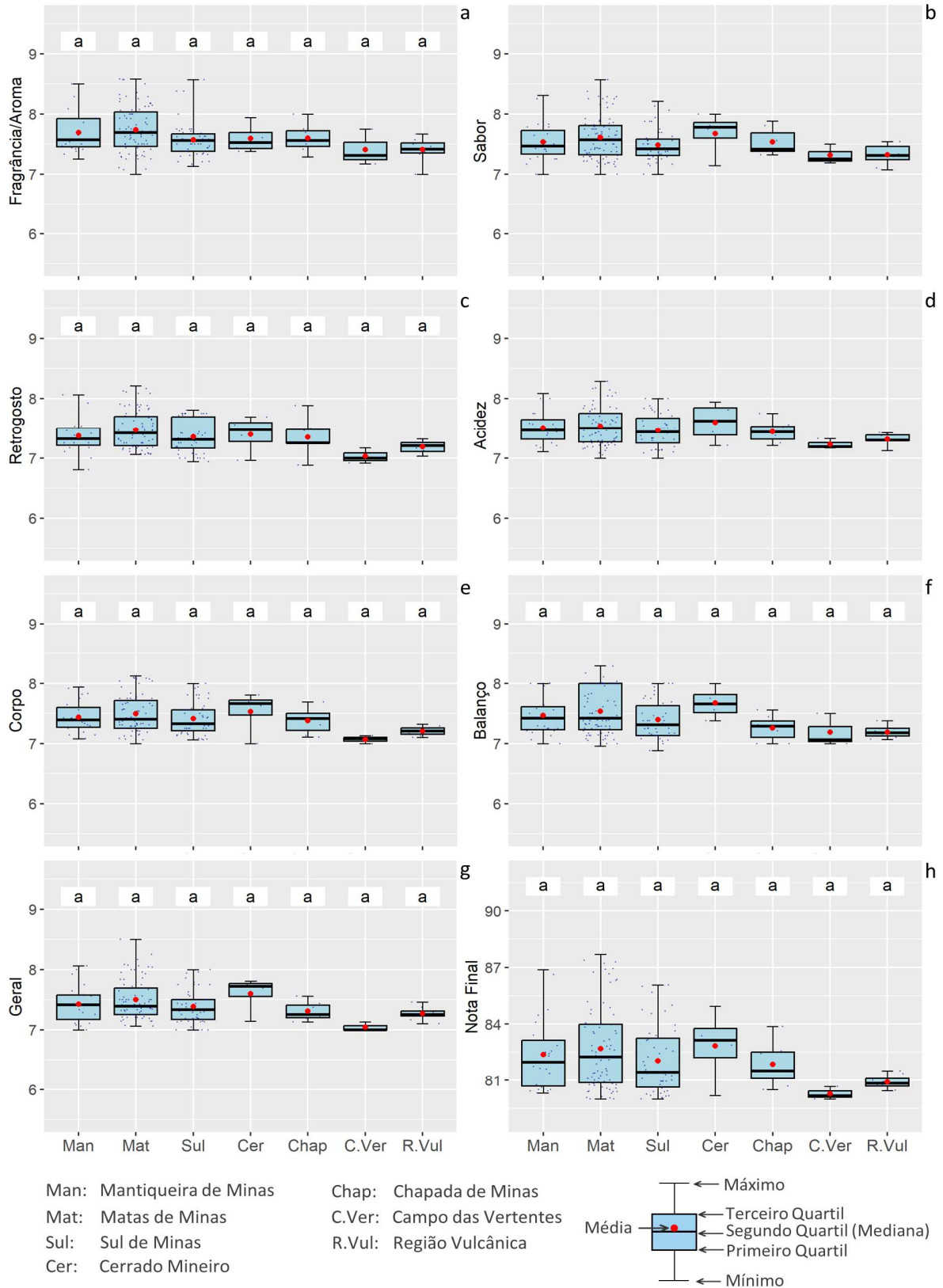
Figura 2 – Boxplot dos atributos sensoriais Fragrância/Aroma (a), Sabor (b), Retrogosto (c), Acidez (d), Corpo (e), Balanço (f), Geral (g) e Nota Final (h) dos cafés especiais (Nota Final  $\geq$  80 pontos – SCA) “Naturais” produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022).



Box-plot seguido de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Dunn ( $p$ -valor 0,05).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 3 – Boxplot dos atributos sensoriais Fragrância/Aroma (a), Sabor (b), Retrogosto (c), Acidez (d), Corpo (e), Balanço (f), Geral (g) e Nota Final (h) dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA) “Cereja Descascado” produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022).



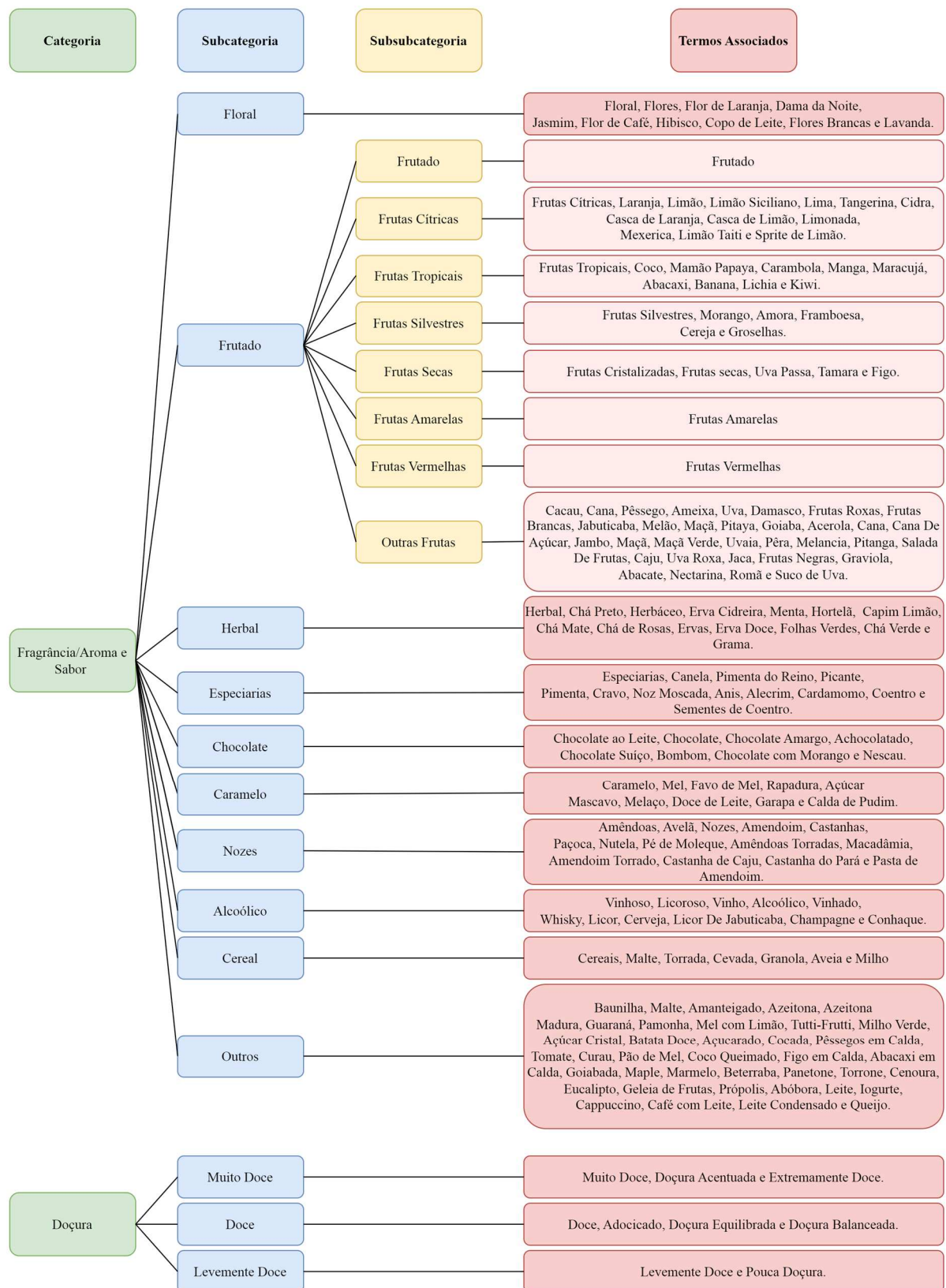
Box-plot seguidos de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Dunn ( $p$ -valor 0,05).  
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Ao comparar as médias dos atributos dos cafés “Naturais”, observou-se uma sobreposição considerável entre as regiões, principalmente entre Chapada de Minas e Cerrado Mineiro, que foram estatisticamente iguais a todas as outras regiões na maioria dos atributos avaliados. No entanto, é importante destacar que a região Mantiqueira de Minas se manteve consistentemente no grupo com as maiores médias e as Matas de Minas variou entre o primeiro e o segundo grupo de médias (Figura 2). Por outro lado, nos cafés “Cereja Descascado”, não foi identificada diferença estatística entre as regiões, em todos os atributos sensoriais analisados (Figura 3), mesmo havendo significância estatística na análise de Kruskal-Wallis (Tabela 3).

A análise dos descritores sensoriais realizada pelo método de Análise de Conteúdo, adaptada para a caracterização dos cafés, foi aplicada visando descrever e diferenciar melhor os cafés das sete regiões. Nesta análise, foram identificadas sete categorias temáticas: “Fragrância/Aroma e Sabor”, “Doçura”, “Corpo”, “Acidez”, “Finalização”, “Geral” e “Defeitos” (Figuras 4 e 5). As seis primeiras representam os principais atributos sensoriais que determinam a qualidade do café, enquanto a última refere-se aos aspectos indesejados. A partir das categorias, foram identificadas 31 subcategorias. Além disso, nesse estudo também foram consideradas 12 subsubcategorias para as subcategorias Frutado e Acidez Definida (Figuras 4 e 5). A análise de frequência relativa dos descritores sensoriais dos cafés “Cereja Descascado”, foi realizada apenas para as regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas. As demais regiões não apresentaram número de amostras suficientes para serem consideradas na análise de frequência.

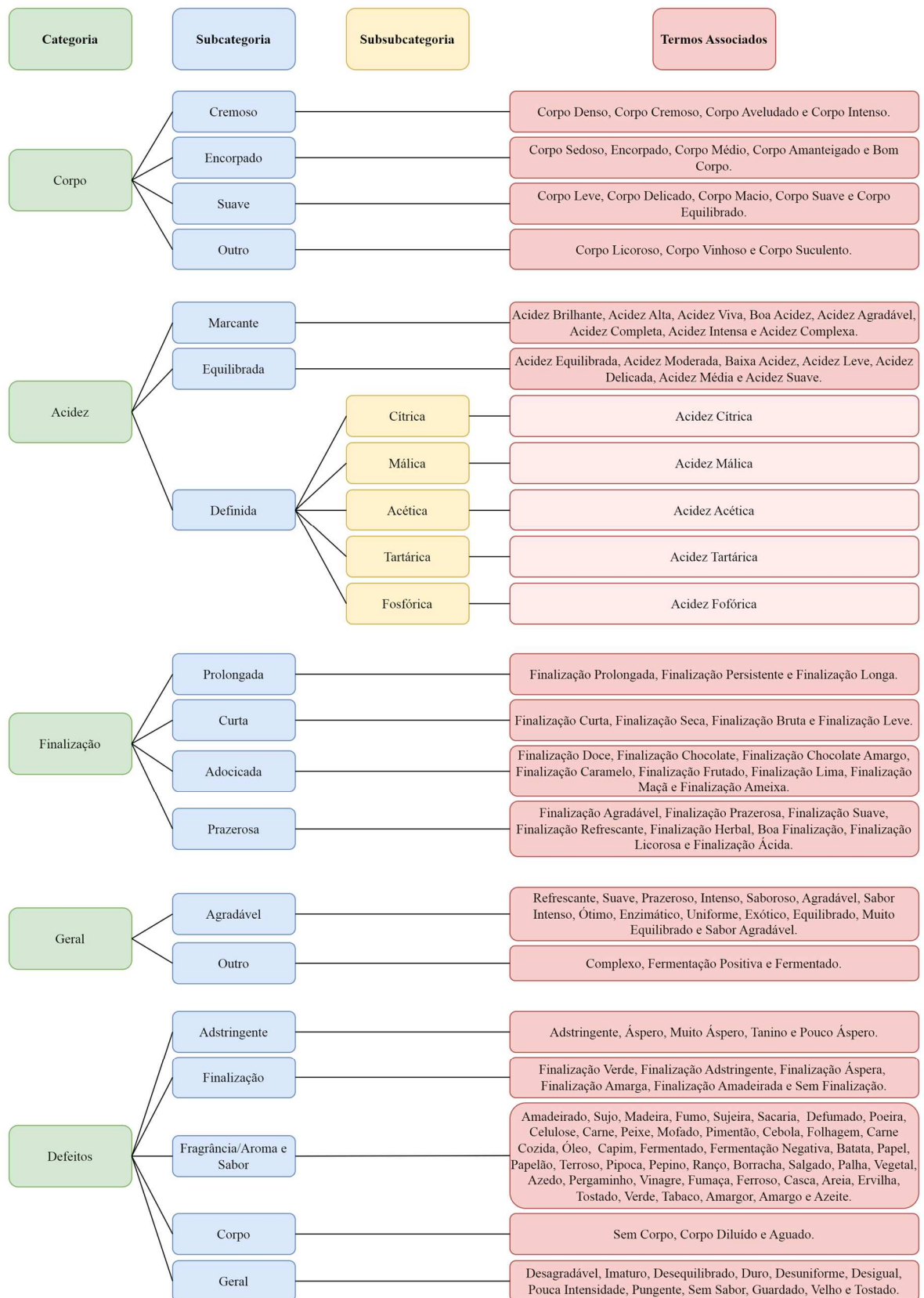
Para a categoria “Fragrância/Aroma” e “Sabor” foram identificadas 10 subcategorias: “Floral”, “Frutado”, “Herbal”, “Especiarias”, “Chocolate”, “Caramelo”, “Nozes”, “Alcoólico”, “Cereal” e “Outros” (Figura 4). A frequência relativa dos descritores sensoriais nessas subcategorias em cada região está representada na Figura 6. As frequências relativas dos descritores nas subcategorias apresentaram semelhança entre os métodos de processamento e entre as regiões analisadas. As subcategorias “Frutado” e “Caramelo” foram as que mais se destacaram, seguidas pelas subcategorias “Chocolate” e “Nozes”. Os cafés com notas de “Especiarias”, “Herbal” e “Alcoólico” foram os menos frequentes.

Figura 4 – Fluxograma da análise de conteúdo dos descritores sensoriais dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), realizada a partir dos comentários dos provedores - Parte 1.



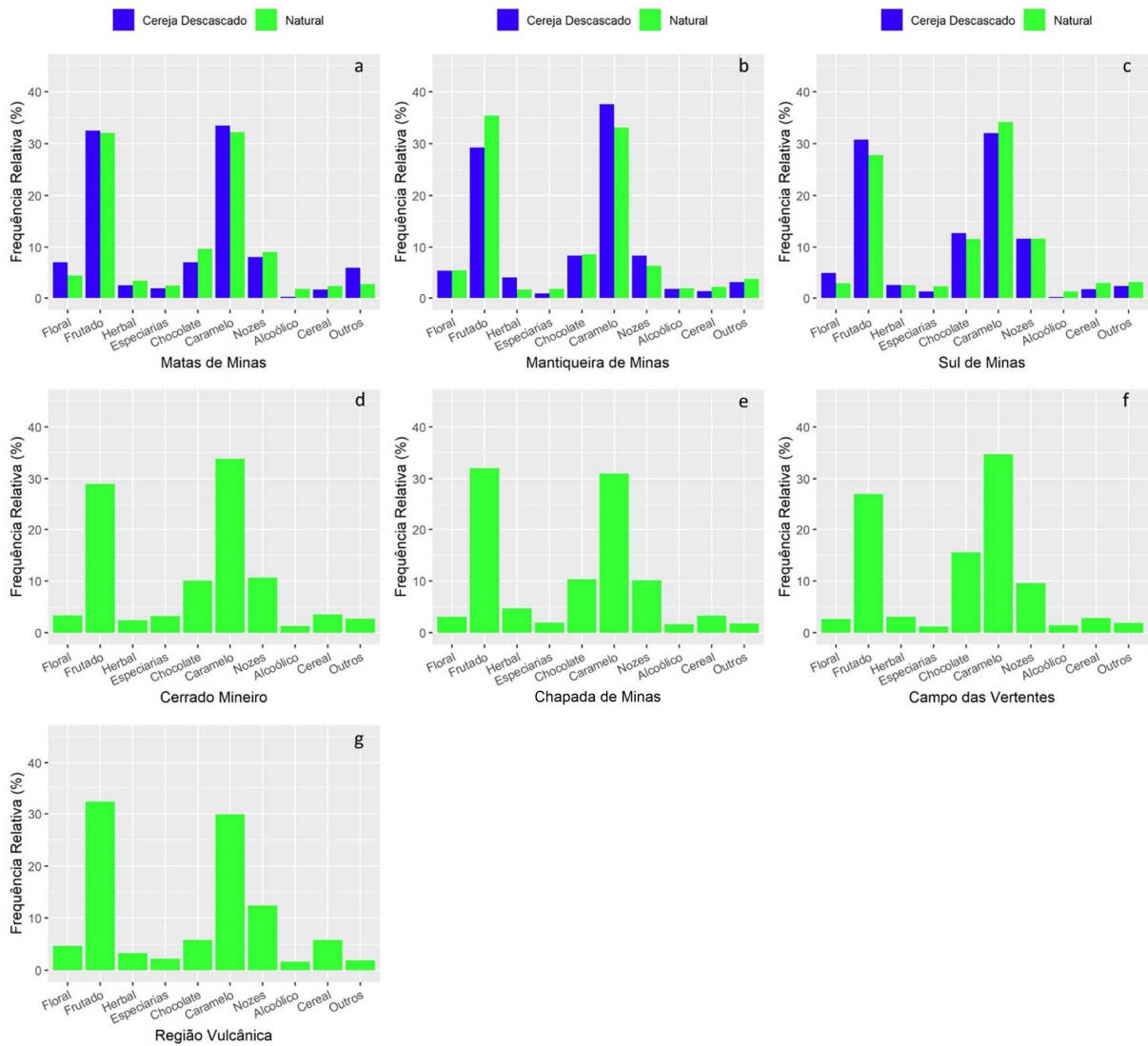
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 5 – Fluxograma da análise de conteúdo dos descritores sensoriais dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), realizada a partir dos comentários dos provedores - Parte 2.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa

Figura 6 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subcategorias de “Fragrância/Aroma e Sabor”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).

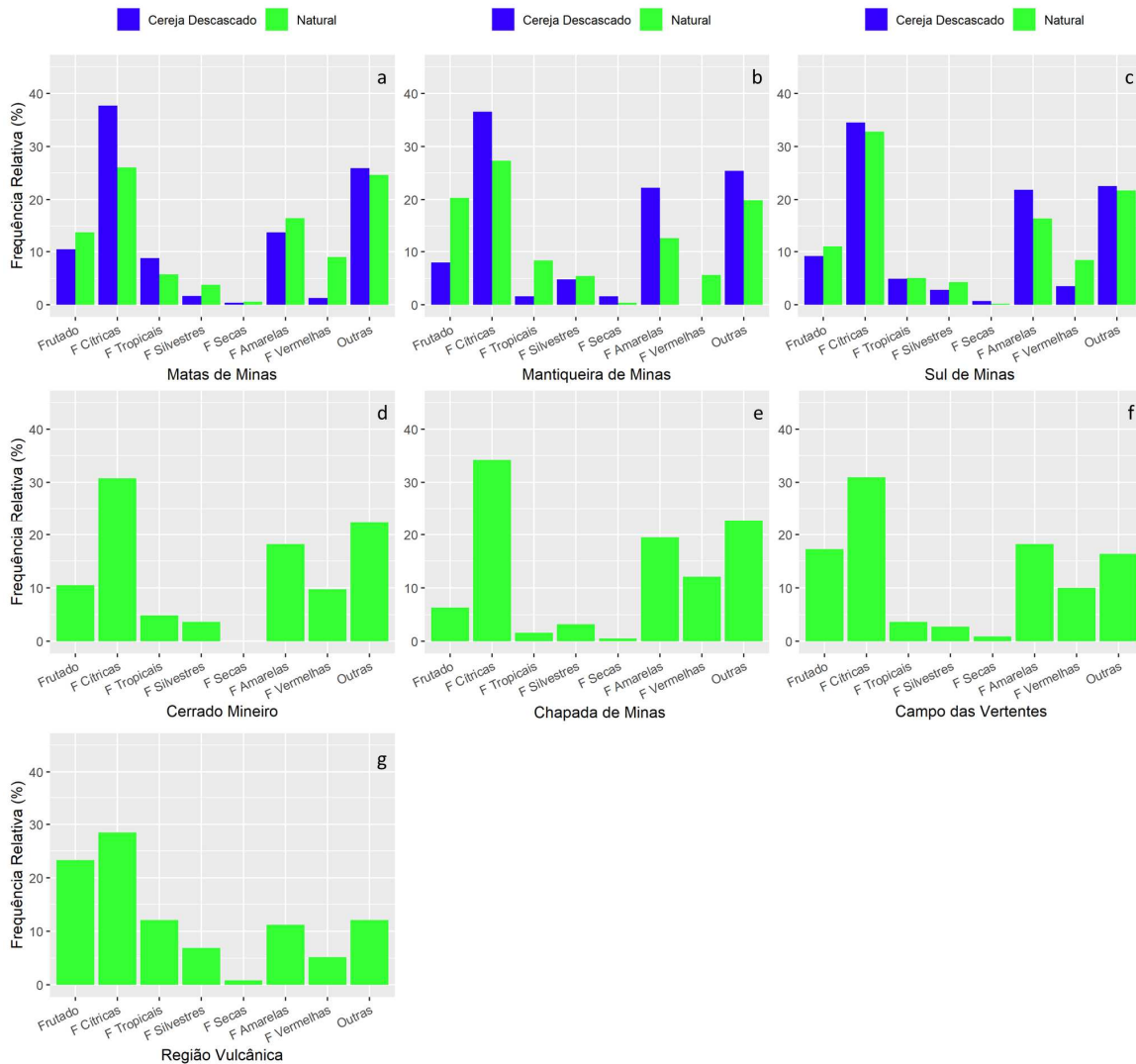


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A maior frequência de descritores sensoriais na subcategoria “Frutado” foi observada nos cafés “Naturais” da região Mantiqueira de Minas, enquanto a maior frequência da subcategoria “Caramelo” foi observada nos cafés “Cereja Descascado” dessa mesma região (Figura 6b). As subcategorias “Chocolate” e “Nozes” se destacaram mais nos cafés “Naturais” das regiões Campo das Vertentes (Figura 6f) e Região Vulcânica (Figura 6g), respectivamente. Por outro lado, as subcategorias “Floral” e “Outros” apresentaram maior frequência nos cafés “Cereja Descascado” da região das Matas de Minas (Figura 6a).

A subcategoria “Frutado”, foi dividida em oito subsubcategorias, sendo elas: “Frutado”, “Frutas Cítricas”, “Frutas Tropicais”, “Frutas Silvestres”, “Frutas Secas”, “Frutas Amarelas”, “Frutas Vermelhas” e “Outras Frutas”. As quatro subsubcategorias com maior importância em termos de frequência relativa foram “Frutas Cítricas”, “Frutas Amarelas”, “Frutado” e “Outras Frutas” (Figura 7).

Figura 7 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subsubcategorias de “Frutado”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).



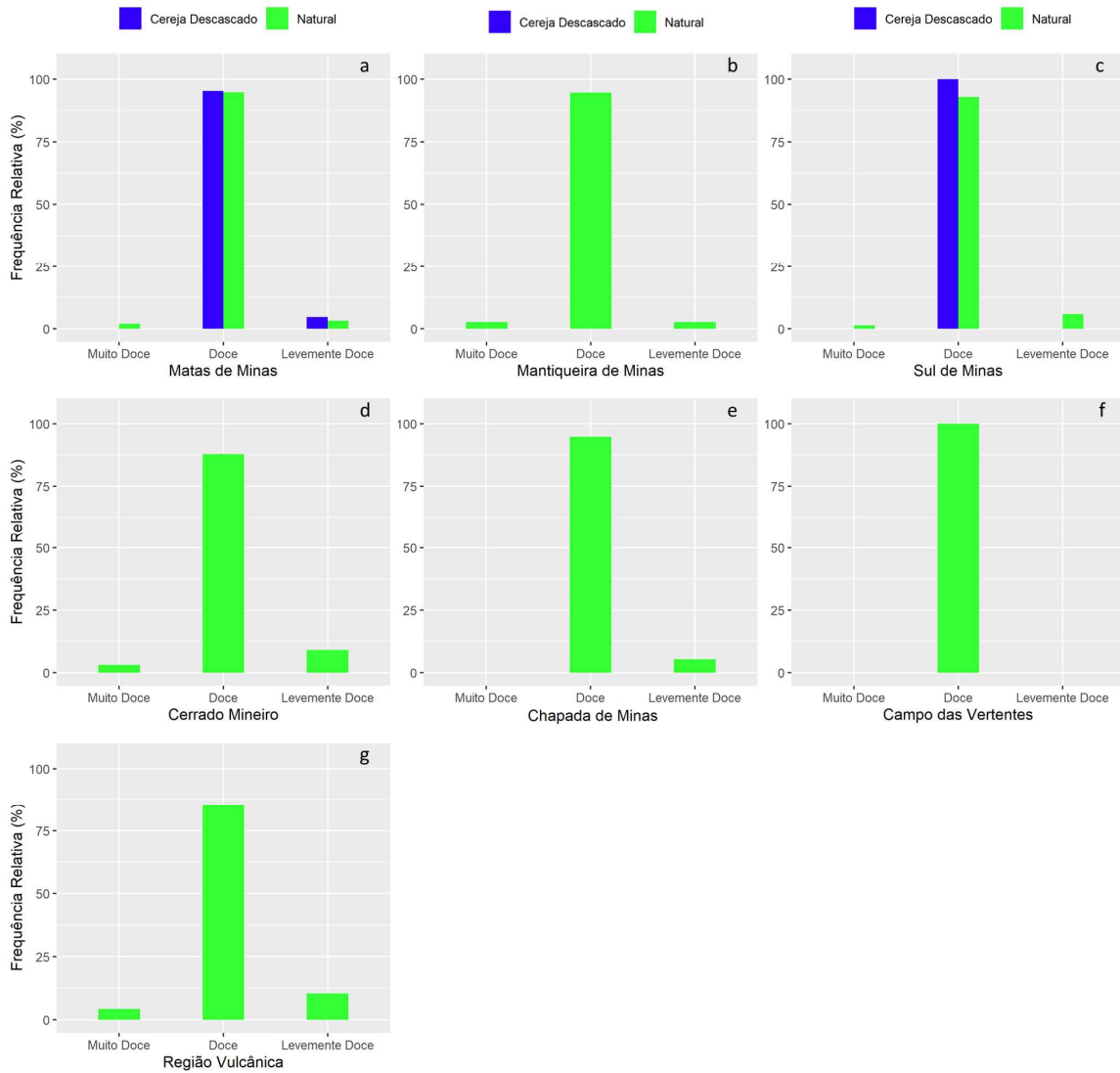
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A subsubcategoria “Frutas Cítricas” manteve maior frequência relativa nos cafés “Cereja Descascado” das regiões Matas de Minas (Figura 7a), Mantiqueira de Minas (Figura 7b) e Sul

de Minas (Figura 7c). Por outro lado, a subsubcategoria “Frutado” manteve a maior frequência nos cafés “Naturais”, considerando as mesmas regiões, e foi ainda mais predominante nos cafés da Região Vulcânica (Figura 7g) e Mantiqueira de Minas (Figura 7b). A subsubcategoria “Outras Frutas” expressou maior frequência nos cafés “Cereja Descascado” das regiões Matas de Minas (Figura 7a) e Mantiqueira de Minas (Figura 7b). As subsubcategorias “Frutas Secas” e “Frutas Silvestres” tiveram as menores frequências de descritores sensoriais em todas as regiões (Figura 7), contudo, dentre as regiões essa subsubcategoria ganhou maior destaque nas Matas de Minas (Figura 7a), Mantiqueira de Minas (Figura 7b) e Sul de Minas (Figura 7c).

Na categoria “Doçura”, foram identificadas três subcategorias, diferenciadas pela intensidade desse atributo, sendo elas: “Muito Doce”, “Doce” e “Levemente Doce” (Figura 8). A subcategoria “Doce” foi a que mais predominou em todas as regiões e métodos de processamento, variando de 87 a 100% dos descritores sensoriais. A subcategoria “Muito Doce” recebeu descritores apenas de cafés “Naturais” das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas, Sul de Minas, Cerrado Mineiro e Região Vulcânica (Figura 8 a, b, c, d e g). Contudo, a frequência de descritores sensoriais nessa subcategoria não passou de 5%.

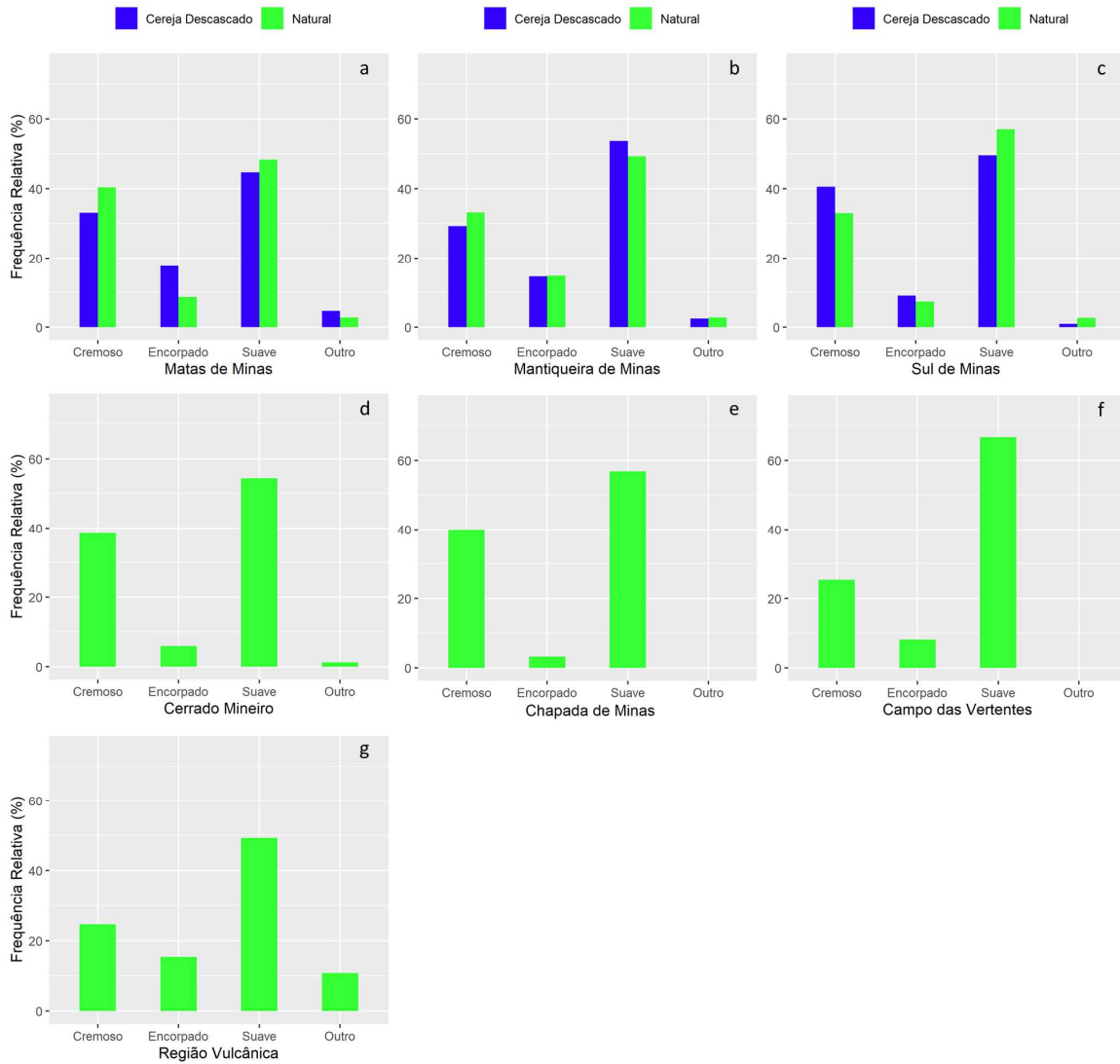
Figura 8 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subcategorias de “Doçura”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa

A categoria “Corpo” foi dividida em quatro subcategorias, segundo a densidade desse atributo, sendo elas: “Cremoso”, “Encorpado”, “Suave” e “Outro”. As subcategorias “Cremoso” e “Suave” foram as mais predominantes, enquanto a subcategoria “Outro” foi a menos frequente (Figura 9).

Figura 9 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subcategorias de “Corpo”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).

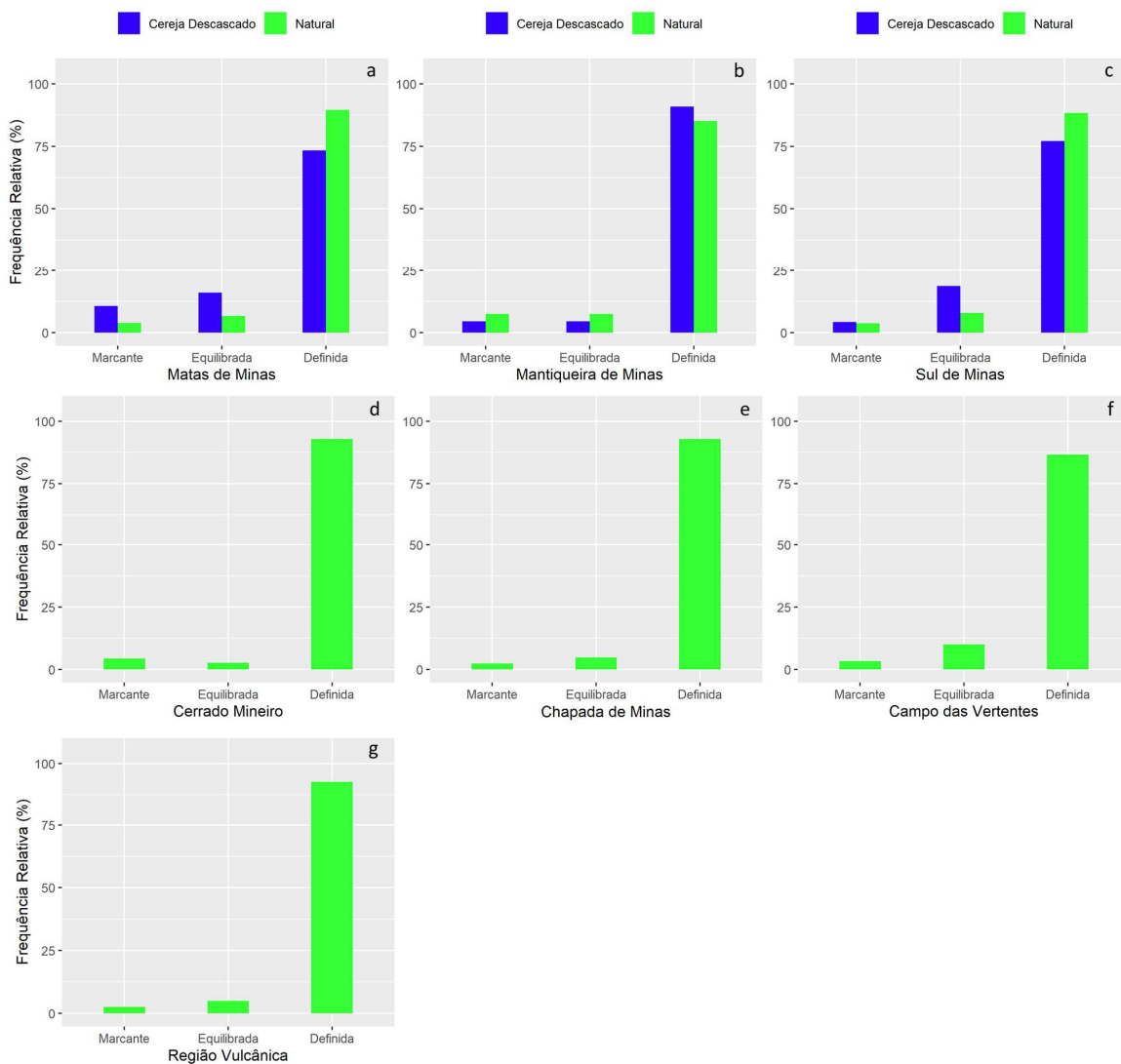


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A subcategoria “Creoso” teve a maior frequência de descritores sensoriais nos cafés “Naturais” das Matas de Minas e nos cafés “Cereja Descascado” do Sul de Minas, ambas as regiões com 40% dos descritores sensoriais nessa categoria (Figura 9a e c). Em contraste, a subcategoria “Suave” teve a sua maior frequência de descritores sensoriais observada na região Campo das Vertentes, com mais de 65% dos descritores (Figura 9f). A subcategoria “Encorpado” ganhou maior destaque nos cafés “Cereja Descascado” das regiões Matas de Minas e Mantiqueira de Minas (Figura 9a e b), e nos cafés “Naturais” das regiões Mantiqueira de Minas e Região Vulcânica (Figura 9b e g).

Na categoria “Acidez”, foram identificadas três subcategorias: “Acidez Marcante”, “Acidez Equilibrada” e “Acidez Definida”. Dentre elas, a “Acidez Definida” foi a subcategoria que mais se destacou. A subcategoria “Acidez Equilibrada” obteve a maior frequência nos cafés “Cereja Descascado” das regiões Sul de Minas (Figura 10c) e Matas de Minas (Figura 10a).

Figura 10 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subcategorias de “Acidez”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).



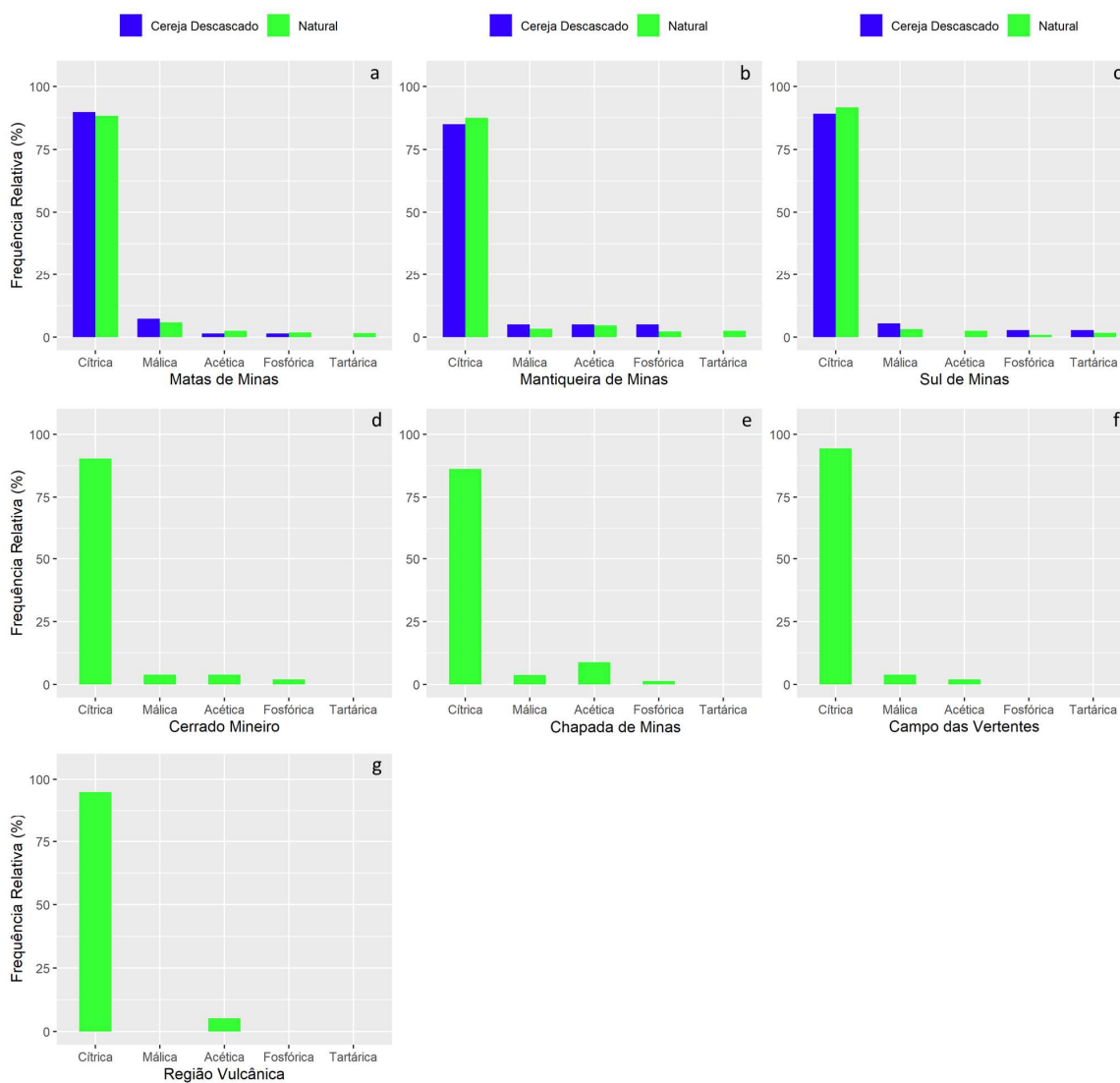
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A subcategoria “Acidez Definida” foi dividida em cinco subcategorias correspondentes aos tipos de acidez percebida e identificada nos cafés, sendo elas: “Acidez Cítrica”, “Acidez Málica”, “Acidez Acética”, “Acidez Fosfórica” e “Acidez Tartárica” (Figura 11). Da

perspectiva sensorial, os ácidos representam um dos componentes mais importantes de qualidade e se destacam pelo seu sabor azedo. Dentre eles, o ácido cítrico é o mais comum nos cafés especiais, possui acidez fresca e de curta duração e seu sabor se assemelha ao de frutas cítricas. O ácido málico possui acidez suave e persistente e pode trazer notas frutadas, como maçã, pera, pêssigo e ameixa. A acidez fosfórica, quando associada ao ácido cítrico, traz notas de toranja e, quando sozinha, é adocicada. A acidez láctica, por sua vez, traz notas amanteigadas, e a acidez tartárica, quando em pequenas concentrações, pode trazer notas de uva ou vinho. Já a acidez acética é indesejada em altas concentrações e possui aroma e sabor de fermentação semelhante ao de vinagre. Portanto, dependendo da natureza e da intensidade, a acidez pode ser desejável ou indesejável (Farah; Lima, 2019).

A subsubcategoria “Acidez Cítrica” demonstrou ser a mais predominante tanto nos cafés “Cereja Descascado” quanto nos “Naturais”, em todas as regiões estudadas. Por outro lado, a subsubcategoria “Acidez Málica” apresentou frequência mais elevada nos cafés “Naturais” e “Cereja Descascado” da região das Matas de Minas (Figura 11a). No que concerne à “Acidez Acética”, sua frequência foi mais significativa na região Chapada de Minas (Figura 11e). Já a “Acidez Fosfórica” apresentou maior frequência nos cafés “Cereja Descascado” da região da Mantiqueira de Minas (Figura 11b).

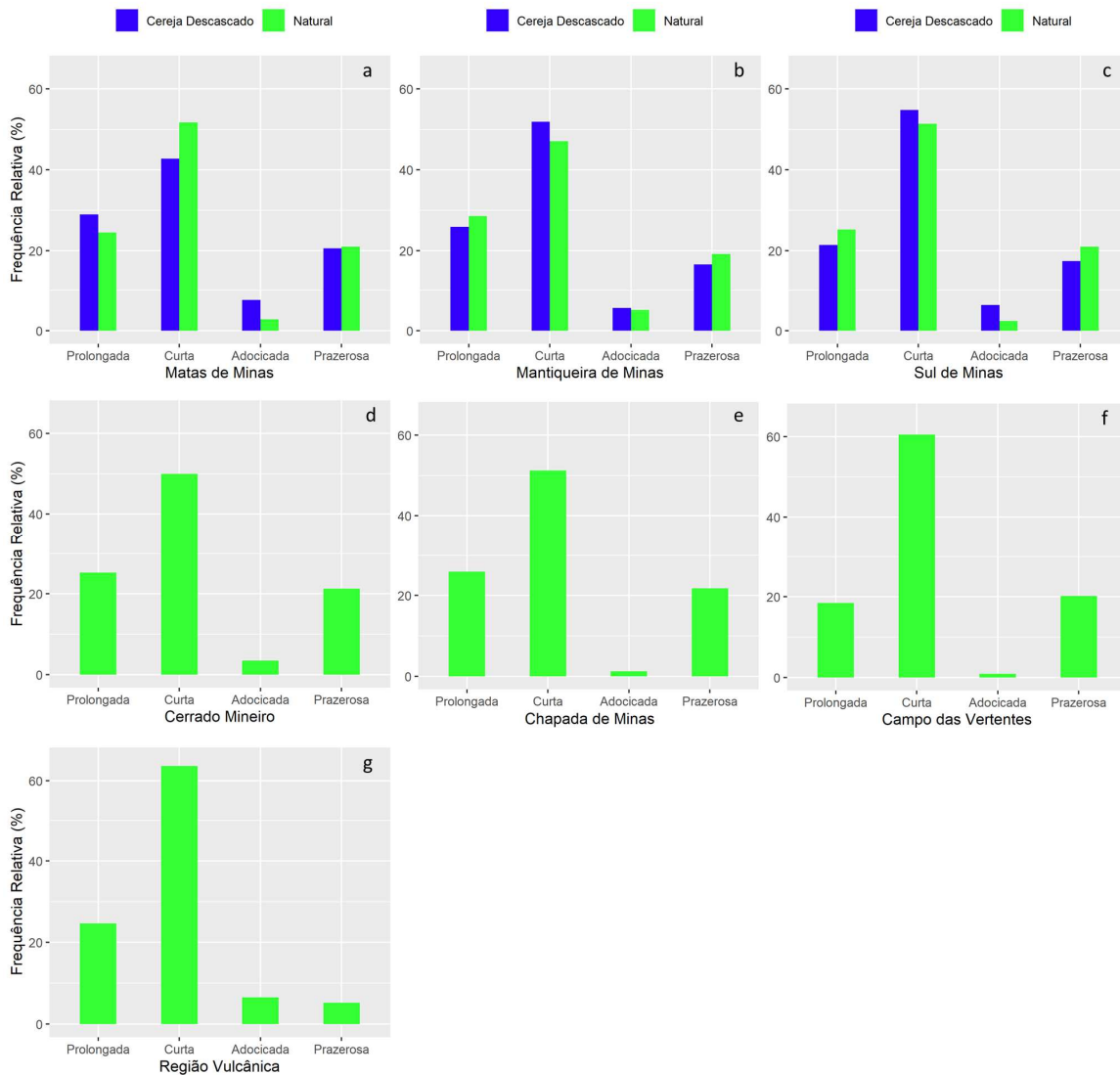
Figura 11 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subsubcategorias de “Acidez Definida”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Para a categoria “Finalização”, foram identificadas quatro subcategorias: “Finalização Prolongada”, “Finalização Curta”, “Finalização Adocicada” e “Finalização Prazerosa” (Figura 12). A subcategoria “Finalização Curta” foi mais predominante, principalmente na região Campo das Vertentes e Região Vulcânica, representando mais de 60% dos descritores sensoriais associados a essa categoria em ambas as regiões (Figura 12f e g). A subcategoria “Finalização Prolongada” foi mais proeminente nos cafés “Cereja Descascado” da região das Matas de Minas (Figura 12a) e nos cafés “Naturais” da região Mantiqueira de Minas (Figura 12b).

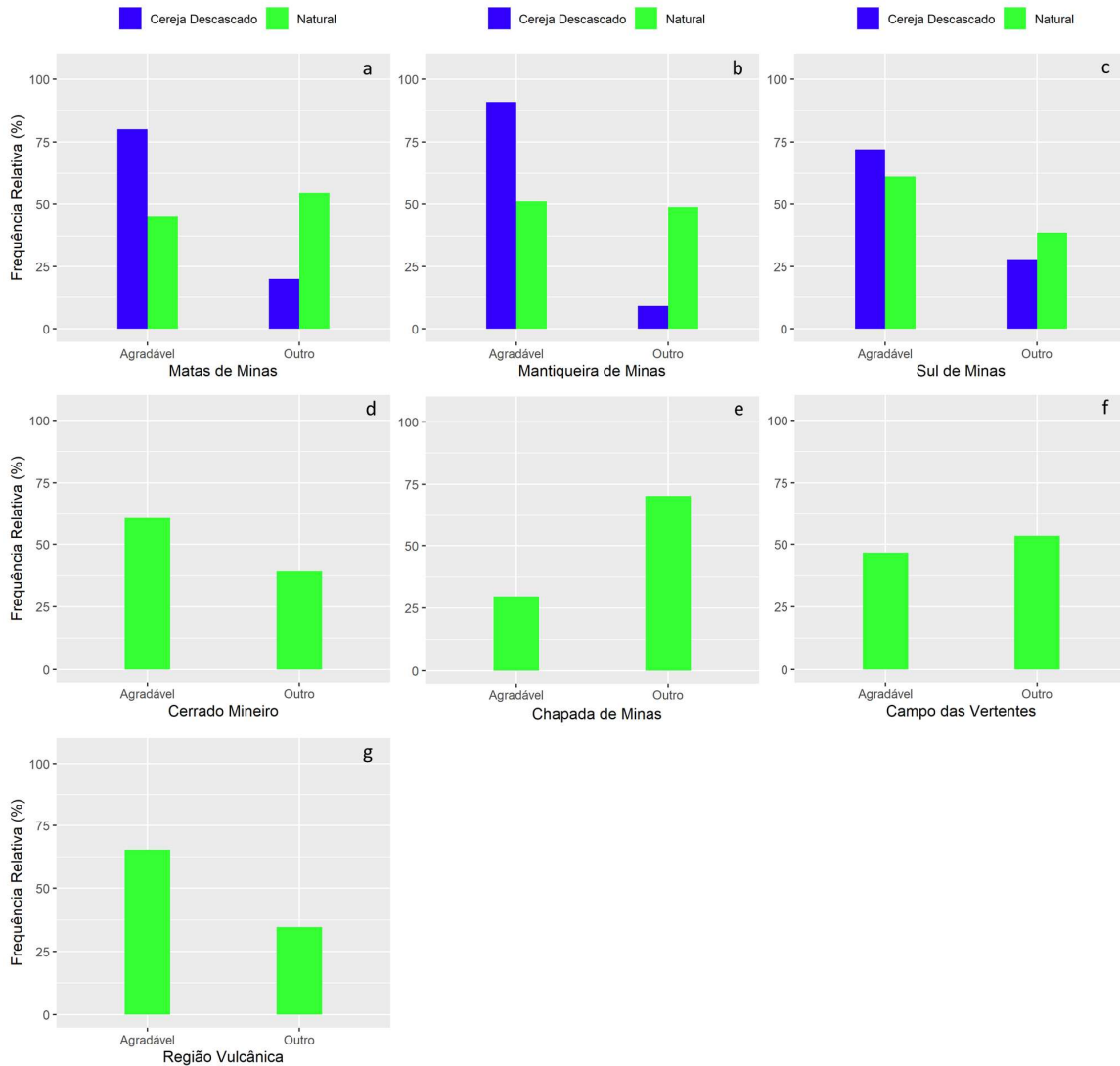
Figura 12 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subcategorias de “Finalização”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Para a categoria “Geral”, foram identificadas duas subcategorias: “Agradável” e “Outro” (Figura 13). A subcategoria “Agradável” foi a mais predominante, especialmente nos cafés “Cereja Descascado” da região Mantiqueira de Minas (Figura 13b) e nos cafés “Naturais” da Região Vulcânica (Figura 13g). A categoria “Outros” ganhou mais destaque nos cafés “Naturais” das regiões Matas de Minas (Figura 13a), Chapada de Minas (Figura 13e) e Campo das Vertentes (Figura 13f).

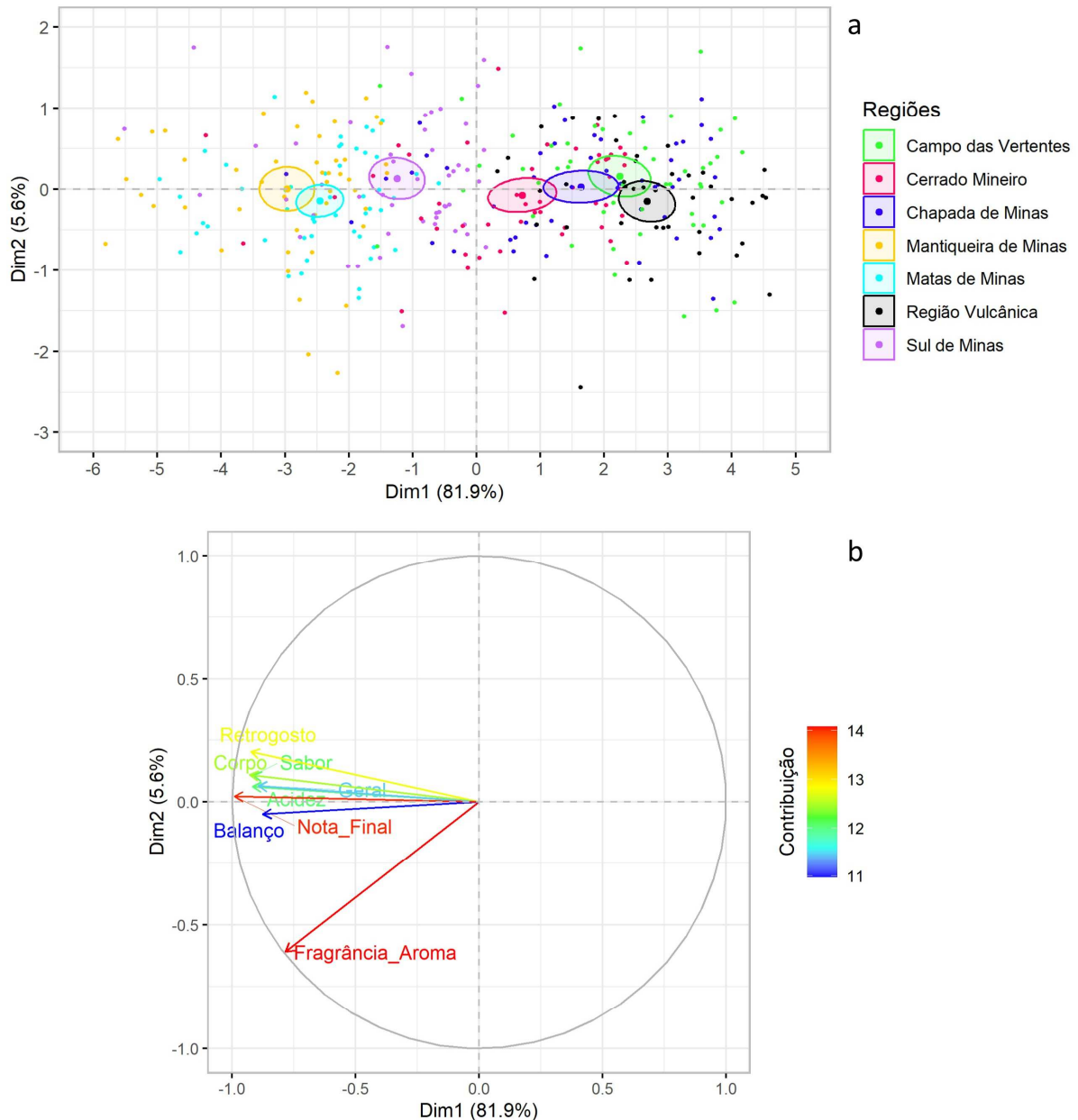
Figura 13 – Frequência relativa dos descritores sensoriais nas subcategorias de “Geral”, dos cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA), “Naturais” e “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Técnicas de análise multivariada foram aplicadas a fim de melhor entender a diferenciação das regiões. A análise de componentes principais, ilustrada na Figura 14, foi realizada com base nas notas dos atributos sensoriais e Nota Final dos 50 melhores cafés especiais “Naturais” de cada região, totalizando 350 amostras. A seleção dos 50 melhores cafés foi utilizada, por demonstrar maior diferenciação entre os *terroirs*.

Figura 14 – Análise de componentes principais dos atributos sensoriais e Nota Final dos 50 melhores cafés especiais “Naturais” produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Plano de elipses e dispersão dos cafés de cada região (a). Círculo de autovetores das variáveis (b).



Elipses de confiança com nível de significância de 0,95 de probabilidade  
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

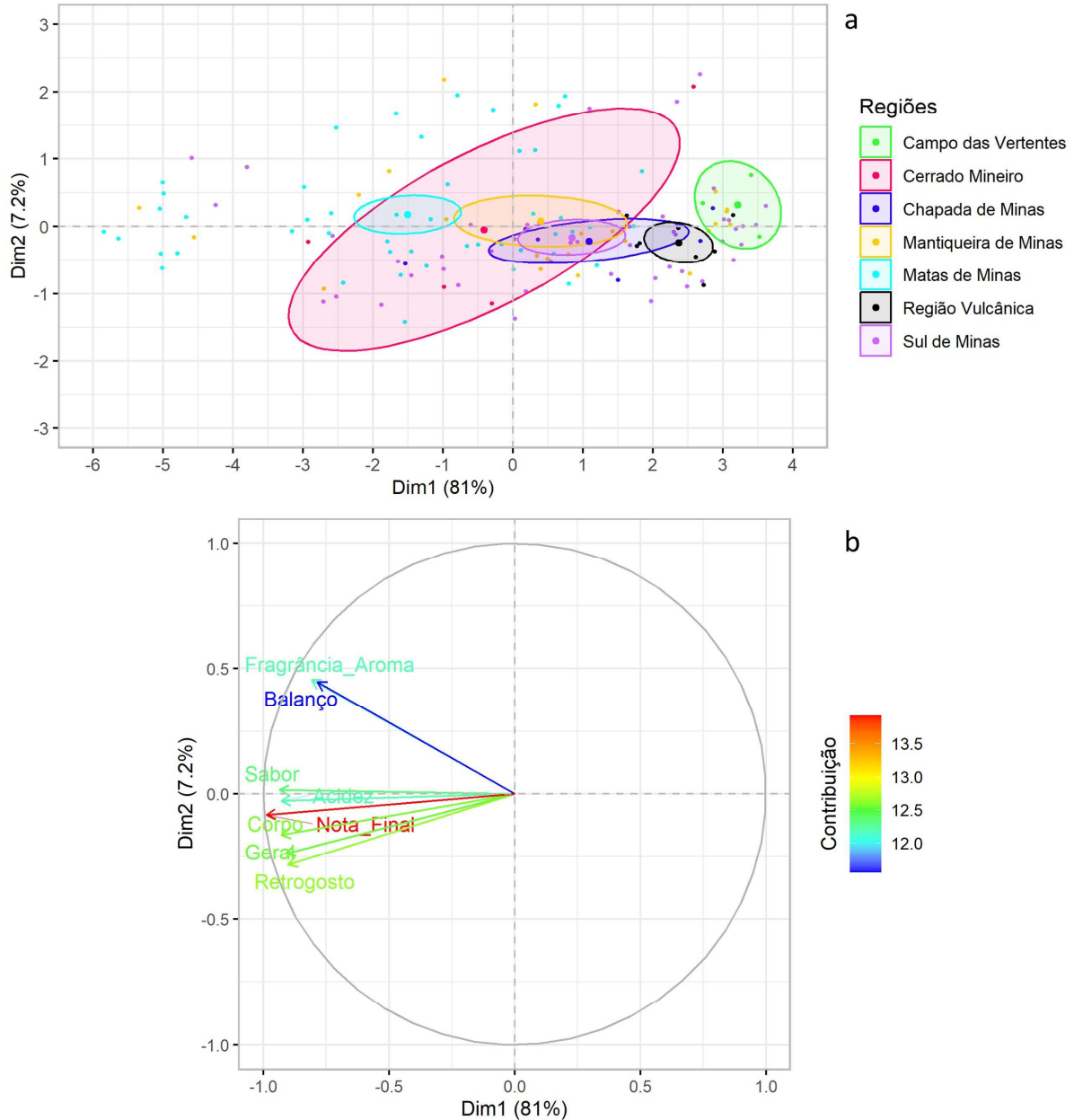
O primeiro componente principal explicou 81,9% da variabilidade dos dados, enquanto o segundo componente explicou 5,6%. No total, 87,5% da variabilidade foi explicada nos primeiros dois componentes principais. Os centroides das regiões Mantiqueira de Minas, Matas de Minas e Sul de Minas estão localizados na parte negativa do eixo do componente principal 1 (Figura 14a). Isso sugere que os cafés “Naturais” dessas regiões estão mais fortemente

correlacionados com os atributos sensoriais, contribuindo para a qualidade final do café (Figura 14b). Em contraste, o centroide das outras regiões (Cerrado Mineiro, Chapada de Minas, Campos das Vertentes e Região Vulcânica) foram posicionados no lado oposto, indicando menor pontuação nos atributos sensoriais (Figura 14a).

Todas as variáveis sensoriais apresentaram maior correlação com o primeiro componente principal. Em ordem de importância, as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa na qualidade do café “Natural” foram: Fragrância/Aroma (14,1%), Nota Final (14,0%), Retrogosto (12,8%), Corpo (12,5%), Sabor (12,1%), Acidez (12,0%), Geral (11,5%) e Balanço (11,0%). As variáveis sensoriais Corpo, Sabor, Acidez, Geral, Balanço estiveram altamente correlacionadas entre si e com a Nota Final dos cafés “Naturais” (Figura 14b).

A análise de componentes principais, aplicada aos atributos sensoriais dos cafés “Cereja Descascado” na Figura 15, foi realizada baseada em 188 amostras de café (todos os cafés “Cereja Descascado” disponíveis). Essa análise revelou que o primeiro componente principal explicou 81,0% da variabilidade dos dados, enquanto o segundo componente contribuiu com 7,2% da explicação. Juntos, esses dois componentes representaram 88,2% da variabilidade total.

Figura 15 – Análise de componentes principais dos atributos sensoriais e Nota Final dos cafés especiais “Cereja Descascado” produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022). Plano de elipses e dispersão dos cafés de cada região (a). Círculo de autovetores das variáveis (b).



Elipses de confiança com nível de significância de 0,95 de probabilidade  
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

O centroide da região das Matas de Minas se posicionou à esquerda, ou seja, na parte negativa do primeiro componente principal (Figura 15a), sugerindo que os cafés “Cereja Descascado” dessa região estão mais fortemente correlacionados com os atributos sensoriais da bebida, que apontam na mesma direção (Figura 15b). Por outro lado, os centroides das regiões Sul de Minas, Chapada de Minas, Região Vulcânica e Campo das Vertentes se posicionaram

do lado oposto. Por fim, os centroides das regiões Mantiqueira de Minas e Cerrado Mineiro ficaram posicionados mais ao centro, indicando que estão mais próximos da média das regiões (Figura 15a).

Todas as variáveis sensoriais, incluindo a Nota Final, apresentaram correlação mais significativa com o primeiro componente principal (Figura 15b). Em ordem de importância, as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa na qualidade do café “Cereja Descascado”, foram: Nota Final (14,0%), Retrogosto (12,7%), Corpo (12,6%), Geral (12,5%), Sabor (12,4%), Acidez (12,3%), Fragrância/Aroma (12,2%) e Balanço (11,6%). As variáveis sensoriais Sabor, Acidez, Corpo, Geral e Retrogosto estiveram altamente correlacionadas entre si e com a Nota Final dos cafés “Cereja Descascados” (Figura 15b).

A partir da análise de componentes principais, observou-se que as elipses de confiança apresentaram determinada sobreposição entre as regiões (Figuras 14a e 15a), indicando que os *terroirs* compartilham de perfis sensoriais semelhantes. A fim de identificar a semelhança entre os perfis dos cafés das sete regiões, foi realizada uma análise de dissimilaridade, seguida pelo agrupamento hierárquico, representado por meio de dendrogramas nas Figuras 16 e 17. Essa análise foi realizada com base nos atributos sensoriais e na Nota Final.

A consistência dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenética. Essa correlação quantifica a semelhança entre as distâncias originais e as distâncias representadas no dendrograma (Manly, 2008). Além disso, a significância estatística das correlações foi testada pelo teste de aleatorização de Mantel (1967) (Tabela 4). Os grupos formados a partir da análise de agrupamentos foram caracterizados com base na Nota Final média do grupo (Tabela 5). A escolha da variável Nota Final para a caracterização dos grupos foi determinada por duas razões. A primeira se deve ao fato de a Nota Final refletir o somatório da nota de todos os atributos sensoriais e em função disso apresentar forte correlação com a maioria dos atributos sensoriais (Figura 14b e 15b); a segunda é devido à Nota Final ser uma das variáveis que apresentaram a maior contribuição relativa para a explicação da variabilidade dos dados (Figura 14b e 15b).

Os resultados indicaram que a estrutura hierárquica obtida no dendrograma, a partir da análise de agrupamento hierárquico dos atributos sensoriais dos cafés “Naturais” e “Cereja Descascado” (Figuras 16 e 17), foi bem representativa, explicando 70% das dissimilaridades originais (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros indicativos da consistência da análise de agrupamentos hierárquico.

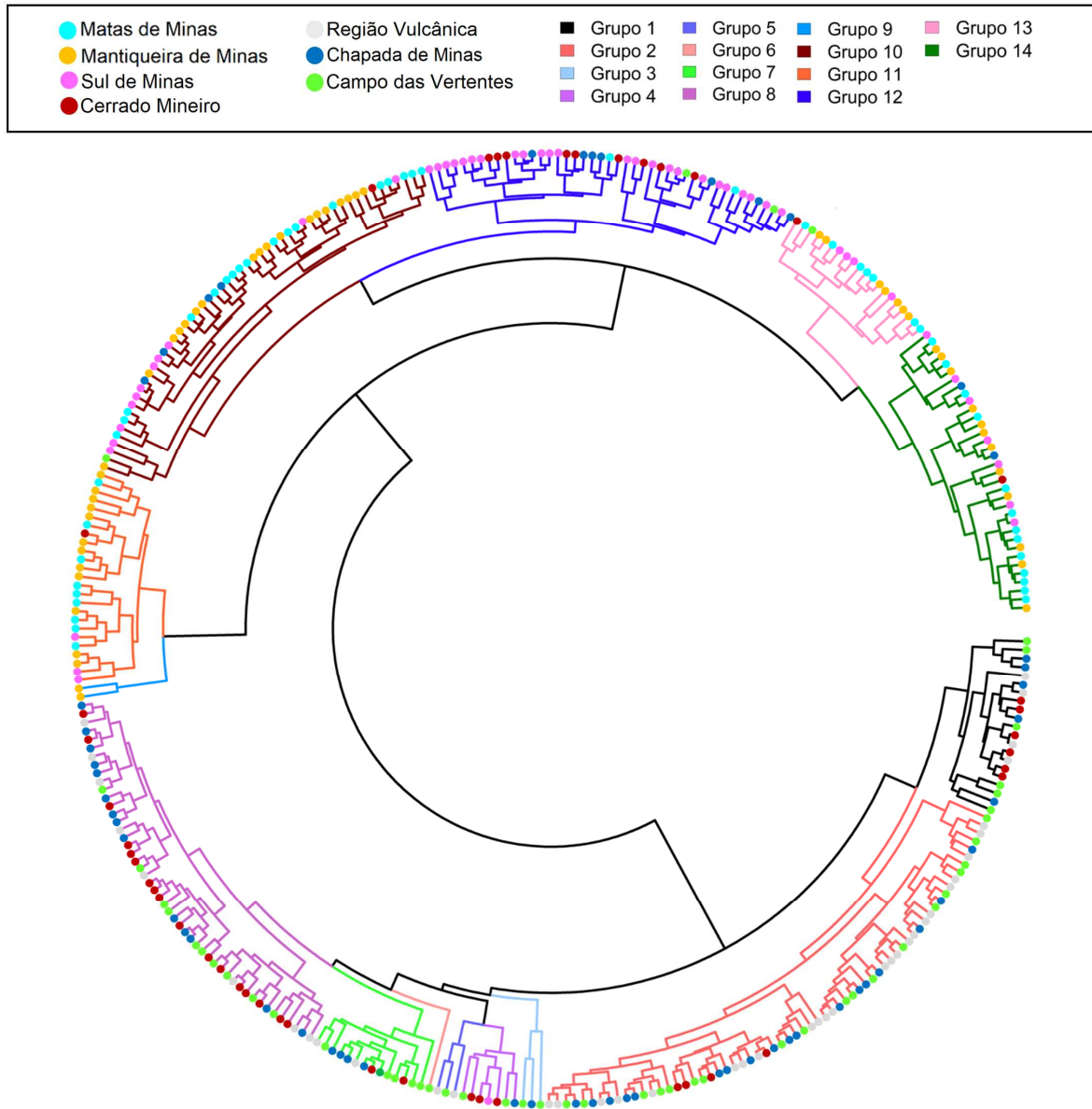
Parâmetros	Processamento	
	Natural	Cereja Descascado
<b>r</b>	0,70	0,70
<b>Teste Mantel</b>	0,001**	0,001**
<b>Ponto de Corte</b>	1,27	1,36

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Mantel. r: Coeficiente de Correlação Cofenética. Ponto de Corte calculado pelo critério de Mojena (1977).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A partir da análise de agrupamento hierárquico dos cafés “Naturais”, observou-se a formação de 14 grupos distintos entre as sete regiões, indicado pelo menos 14 perfis sensoriais diferentes nos cafés analisados (Figura 16). O ponto de corte calculado foi na distância 1,27 (Tabela 3). Os grupos 9, 10, 11, 12, 13 e 14 se destacaram com as maiores pontuações médias para a variável Nota Final, sendo superiores a 85 pontos (Tabela 5). Também merecem destaque os grupos 3, 4, 5, 6 e 9, formados por no máximo sete cafés, indicando maior grau de dissimilaridade dessas amostras. Apenas os grupos 6 e 9 agruparam cafés de uma única região (Campo das Vertentes e Mantiqueira de Minas, respectivamente), os demais grupos uniram cafés de no mínimo duas regiões distintas e no máximo cinco.

Figura 16 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método das ligações completas) dos atributos sensoriais dos 50 melhores cafés especiais “Naturais” produzidos em sete região de Minas Gerais (2019 a 2022).



Análise realizada a partir da matriz de dissimilaridade da distância Euclidiana Padronizada Média.

Ponto de corte calculado pelo critério de Mojena (1977).

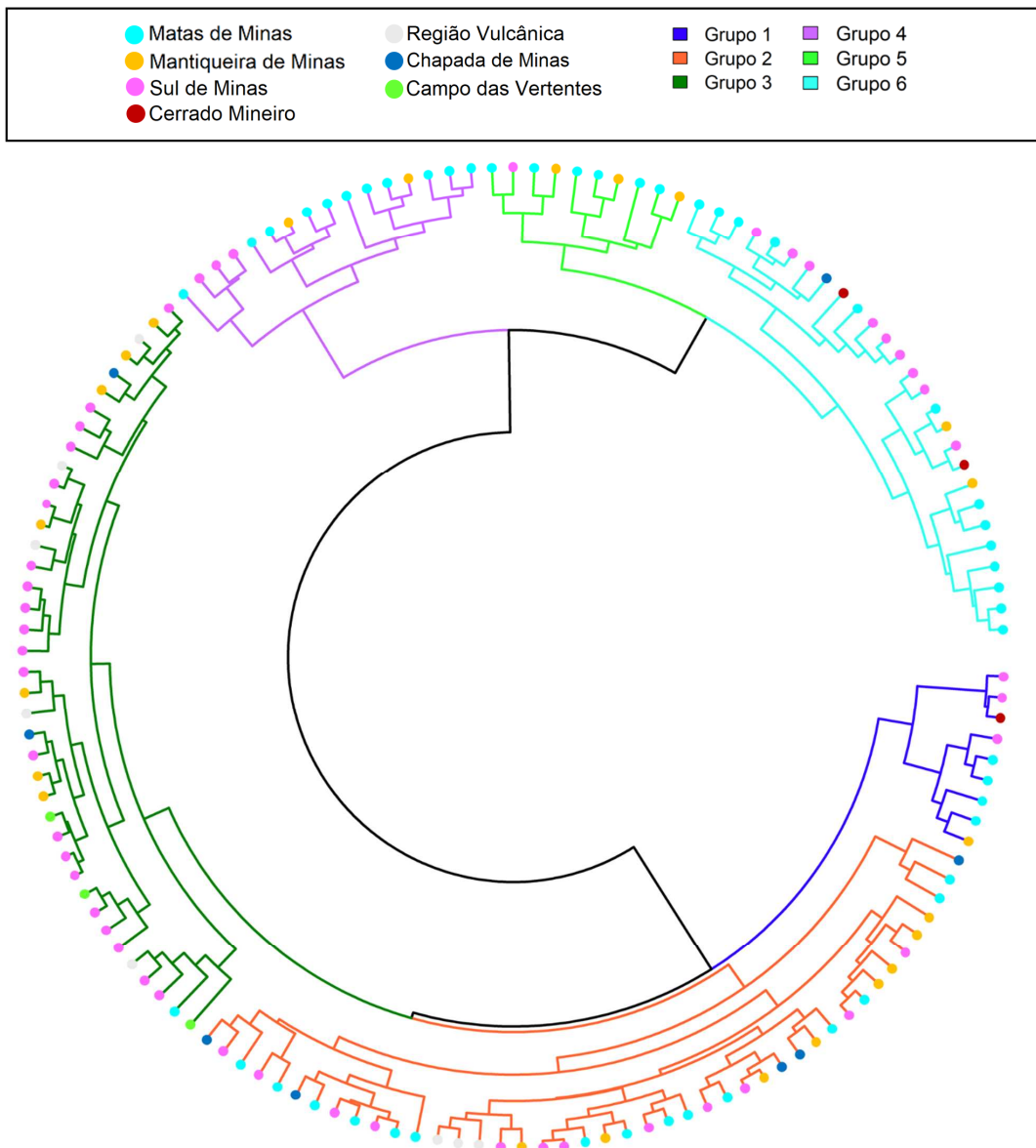
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Dentre os 14 grupos formados para os cafés “Naturais”, as regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Região Vulcânica compartilharam perfis sensoriais semelhantes com outras regiões em cinco grupos. As regiões Sul de Minas, Chapada de Minas, Cerrado Mineiro e Campo das Vertentes, compartilharam perfis sensoriais com outras regiões em seis, sete, nove e onze grupos, respectivamente.

No agrupamento hierárquico dos cafés “Cereja Descascado”, observou-se a formação de apenas 6 grupos entre as sete regiões estudadas (Figura 17). O ponto de corte calculado foi na

distância 1,36 (Tabela 4). Os grupos 4 e 5 representaram os cafés “Cereja Descascado” de maior qualidade sensorial com Nota Final média de 84,16 e 86,68 pontos, respectivamente (Tabela 5). As regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas compartilharam perfis sensoriais semelhantes com as demais regiões, visto que estiveram presentes em todos os grupos.

Figura 17 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método das ligações completas) dos atributos sensoriais de todas os café especial “Cereja Descascado”, produzidos em sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022).



Análise realizada a partir da matriz de dissimilaridade da distância Euclidiana Padronizada Média. Ponto de corte calculado pelo critério de Mojena (1977).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Tabela 5 – Nota Final média dos grupos formados a partir da análise de agrupamento hierárquico dos cafés “Naturais” e “Cereja Descascado” produzidos em de sete regiões de Minas Gerais (2019 a 2022).

Grupos	Nota Final Média	
	Natural	Cereja Descascado
Grupo 1	81,58	81,15
Grupo 2	80,97	82,21
Grupo 3	81,31	80,61
Grupo 4	82,78	86,68
Grupo 5	81,14	83,33
Grupo 6	82,67	84,16
Grupo 7	82,29	-
Grupo 8	82,62	-
Grupo 9	89,91	-
Grupo 10	87,41	-
Grupo 11	85,11	-
Grupo 12	84,07	-
Grupo 13	85,02	-
Grupo 14	85,82	-
<b>Nº Amostras</b>	<b>350</b>	<b>159</b>

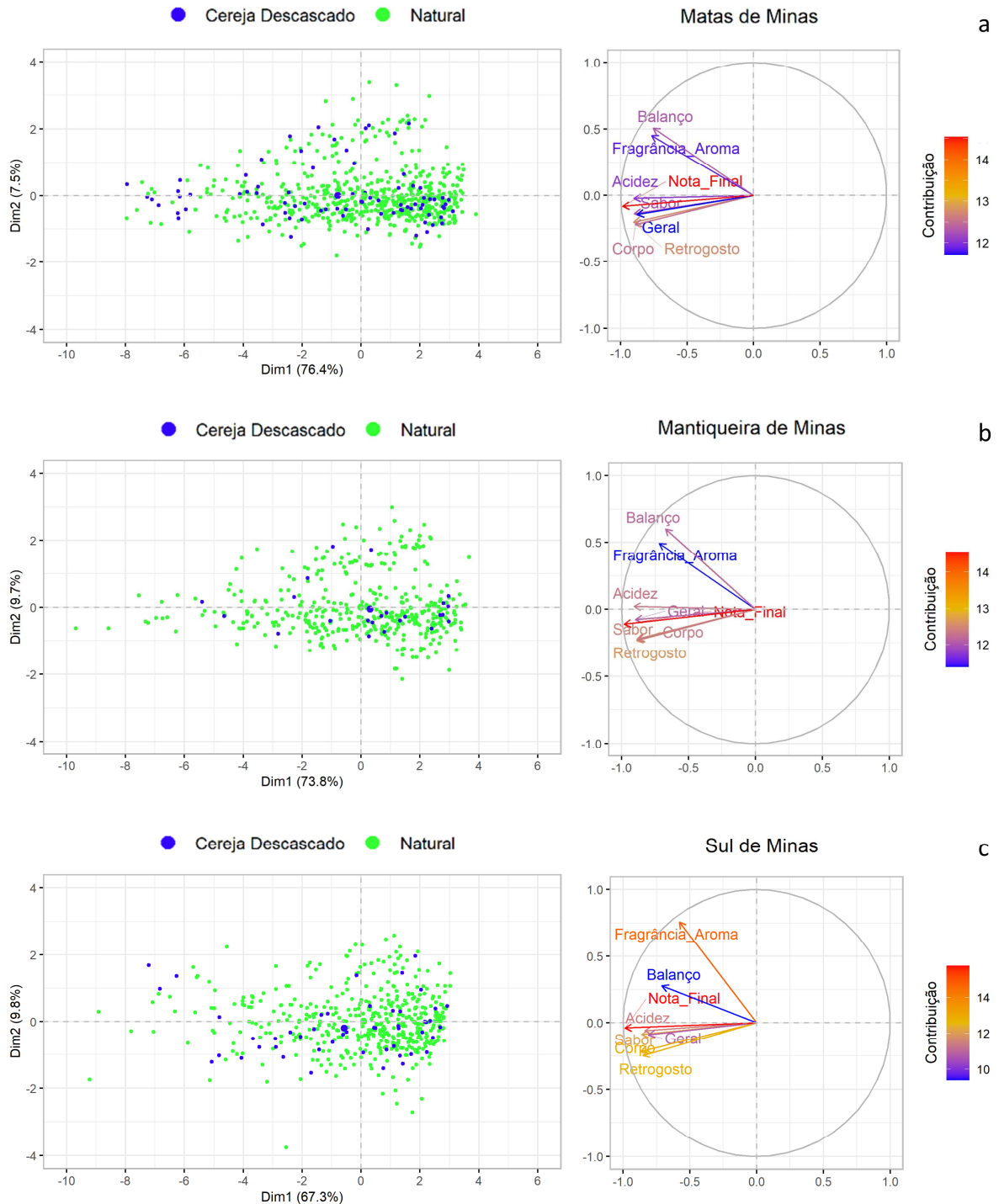
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

### 3.2 Estudo da diversidade dos *terroirs*

A diversidade de cada *terroir* foi avaliada por meio da dispersão dos cafés através da análise de componentes principais (Figura 18, 19 e 20). Para a região das Matas de Minas, os dois primeiros componentes principais explicaram 83,9% da variabilidade original dos dados. Todas as variáveis apresentaram correlação mais forte com a primeira componente principal. Em ordem de importância as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa para qualidade sensorial dos cafés da região das Matas de Minas foram: Nota Final (14,6%), Retrogosto (12,7%), Corpo (12,5%), Balanço (12,4%), Sabor (12,3%), Acidez (12,0%), Fragrância/Aroma (11,8%) e Geral (11,7%) (Figura 18a).

Em relação à região Mantiqueira de Minas, os dois primeiros componentes principais explicaram 83,5% da variabilidade total dos dados. Todas as variáveis sensoriais apresentaram correlação mais forte com a primeira componente principal. Em ordem de importância as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa para qualidade sensorial dos cafés da região Mantiqueira de Minas foram: Nota Final (14,6%), Retrogosto (12,6%), Sabor (12,5%), Corpo (12,4%), Acidez (12,3%), Balanço (12,2%), Geral (12,1%) e Fragrância/Aroma (11,3%) (Figura 18b).

Figura 18 – Plano de dispersão dos cafés e círculo de autovetores da análise de componentes principais dos atributos sensoriais e Nota Final dos cafés especiais “Naturais” e “Cereja Descascado” produzidos nas regiões Matas de Minas (a) Mantiqueira de Minas (b) e Sul de Minas (c) (Minas Gerais - 2019 a 2022).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Na região Sul de Minas, observou-se que os dois primeiros componentes principais explicaram 77,1% da variabilidade total dos dados. Em ordem de importância as variáveis que

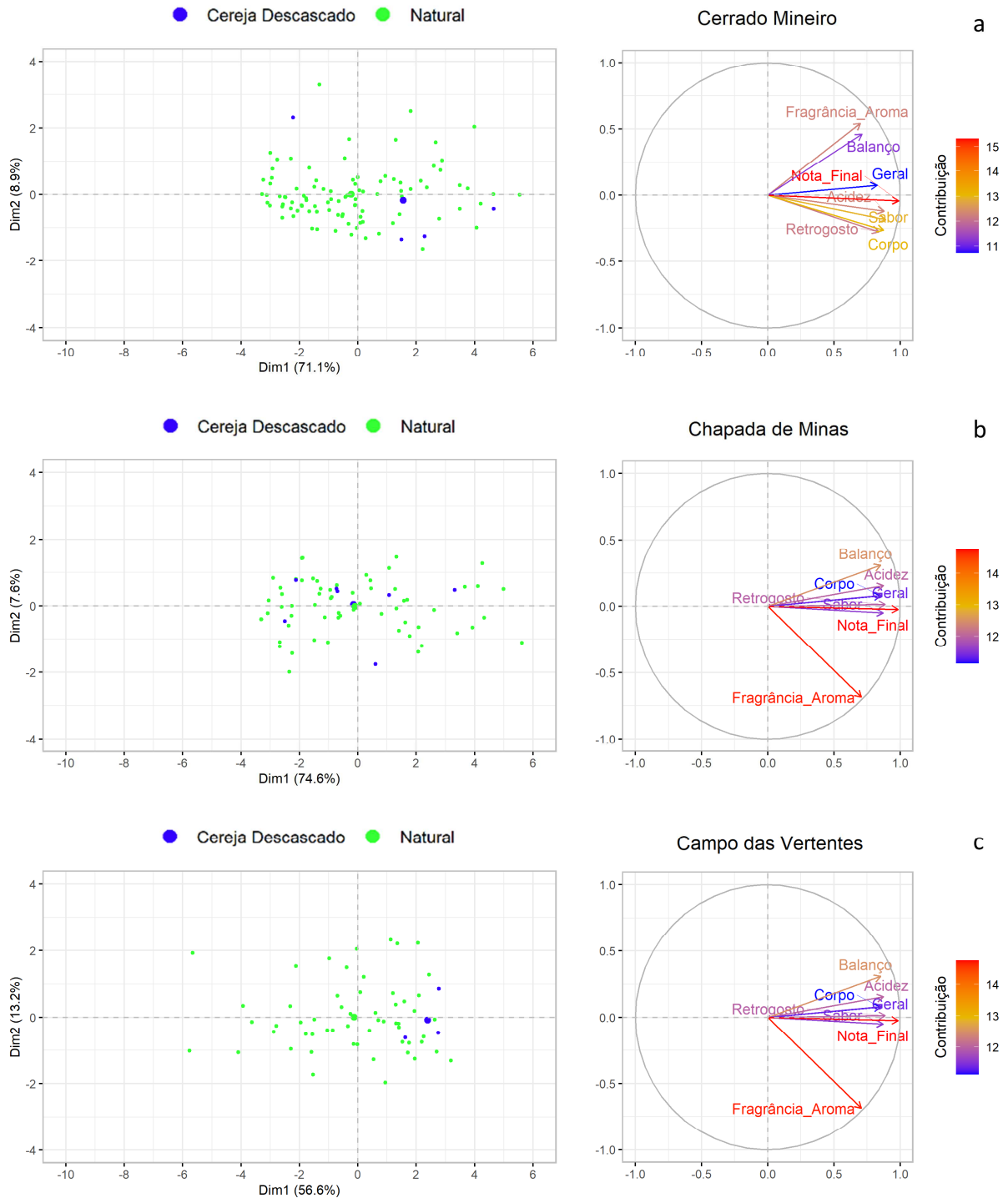
apresentaram maior contribuição relativa para qualidade sensorial dos cafés da região Sul de Minas foram: Nota Final (15,7%), Fragrância/Aroma (14,8%), Corpo (12,9%), Retrogosto (12,8%), Sabor (12,1%), Acidez (11,5%), Geral (10,8%) e Balanço (9,4%) (Figura 18c).

Na região do Cerrado Mineiro, os dois primeiros componentes principais explicaram 81,0% da variabilidade total dos dados. Todas as variáveis apresentaram correlação mais forte com a primeira componente principal. Em ordem de importância as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa para qualidade sensorial dos cafés do Cerrado Mineiro foram: Nota Final (15,3%), Corpo (13,0%), Sabor (12,9%), Acidez (12,3%), Fragrância/Aroma (12,3%), Retrogosto (12,1%), Balanço (11,4%) e Geral (10,7%), (Figura 19a).

Para a região Chapada de Minas, os dois primeiros componentes principais explicaram 82,2% da variabilidade original dos dados. Todas as variáveis apresentaram correlação mais forte com a primeira componente principal. Em ordem de importância as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa para qualidade sensorial dos cafés da Chapada de Minas foram: Nota Final (14,8%), Fragrância/Aroma (14,7%), Balanço (12,5%), Acidez (12,1%), Retrogosto (12,0%), Sabor (11,5%), Geral (11,3%) e Corpo (11,1%) (Figura 19b).

Ao analisar a região Campo das Vertentes, observou-se que os dois primeiros componentes principais explicaram 70,1% da variabilidade total dos dados. Em ordem de importância as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa para qualidade sensorial dos cafés do Campo das Vertentes foram: Nota Final (16,4%), Fragrância/Aroma (14,7%), Retrogosto (14,2%), Acidez (13,1%), Corpo (12,4%), Balanço (11,4%), Sabor (9,5%), Geral (8,2%) e (Figura 19c).

Figura 19 – Plano de dispersão dos cafés e círculo de autovetores da análise de componentes principais dos atributos sensoriais e Nota Final dos cafés especiais “Naturais” e “Cereja Descascado” produzidos nas regiões Cerrado Mineiro (a) Chapadas de Minas (b) e Campo das Vertentes (c) (Minas Gerais - 2019 a 2022).

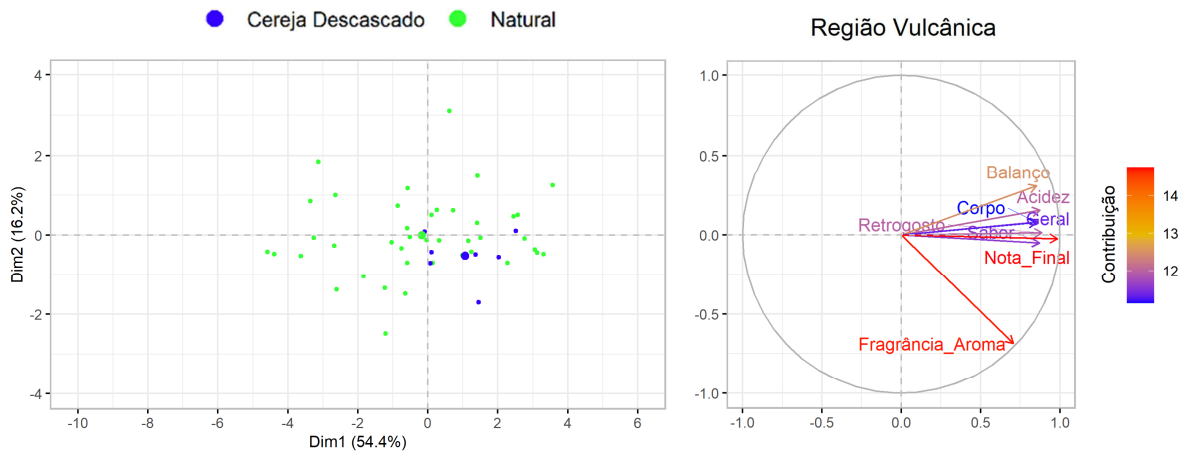


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Por fim, na Região Vulcânica, os dois primeiros componentes principais explicaram 70,6% da variabilidade original dos dados. As variáveis que apresentaram maior contribuição

relativa para a qualidade sensorial dos cafés da Região Vulcânica foram: Nota Final (16,7%), Fragrância/Aroma (13,6%), Retrogosto (13,5%), Sabor (13,4%), Balanço (12,4%), Corpo (11,7%), Geral (9,8%) e Acidez (8,9%) (Figura 20).

Figura 20 – Plano de dispersão dos cafés e círculo de autovetores da análise de componentes principais dos atributos sensoriais e Nota Final dos cafés especiais “Naturais” e “Cereja Descascado” produzidos na Região Vulcânica (Minas Gerais - 2019 a 2022).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A diversidade sensorial dos cafés de cada *terroir* também foi avaliada por meio da análise de dissimilaridade seguida pelo agrupamento hierárquico, representada na forma de dendrogramas (Figura 21 e 22). Essa análise auxiliou no agrupamento dos cafés da mesma região com perfis sensoriais semelhantes. Além disso, também promoveu a separação e auxiliou na estimativa quantitativa dos perfis sensoriais distintos, sendo importante para avaliar os tipos de café produzidos em cada *terroir*.

A consistência dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenética e pelo teste de aleatorização de Mantel (1967) (Tabela 6). Os grupos formados a partir da análise de agrupamentos nas figuras 21 e 22 foram caracterizados com base na Nota Final média do grupo (Tabela 7).

Tabela 6 – Parâmetros indicativos da consistência da análise de agrupamentos hierárquico

Parâmetros	Natural						
	Mat	Man	Sul	Cer	Chap	C.Ver	R.Vul
<b>r</b>	0,72	0,74	0,70	0,70	0,77	0,63	0,66
<b>p-Valor</b>	0,001**	0,001**	0,001**	0,001**	0,001**	0,001**	0,001**
<b>P.C.</b>	1,22	1,35	1,53	1,89	1,81	2,09	2,04
Cereja Descascado							
<b>r</b>	0,82	0,83	0,77	0,95	0,67	0,99	0,75
<b>p-Valor</b>	0,001**	0,001**	0,001**	0,087 <sup>ns</sup>	0,002**	0,31 <sup>ns</sup>	0,001**
<b>P.C.</b>	1,50	2,23	1,72	2,76	2,50	2,30	1,98

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo. r: Coeficiente de Correlação Cofenética. Ponto de Corte calculado pelo critério de Mojena (1977).

Mat: Matas de Minas. Man: Mantiqueira de Minas. Sul: Sul de Minas. Cer: Cerrado Mineiro. Chap: Chapada de Minas. C.Ver: Campo das Vertentes. R.Vul: Região Vulcânica.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

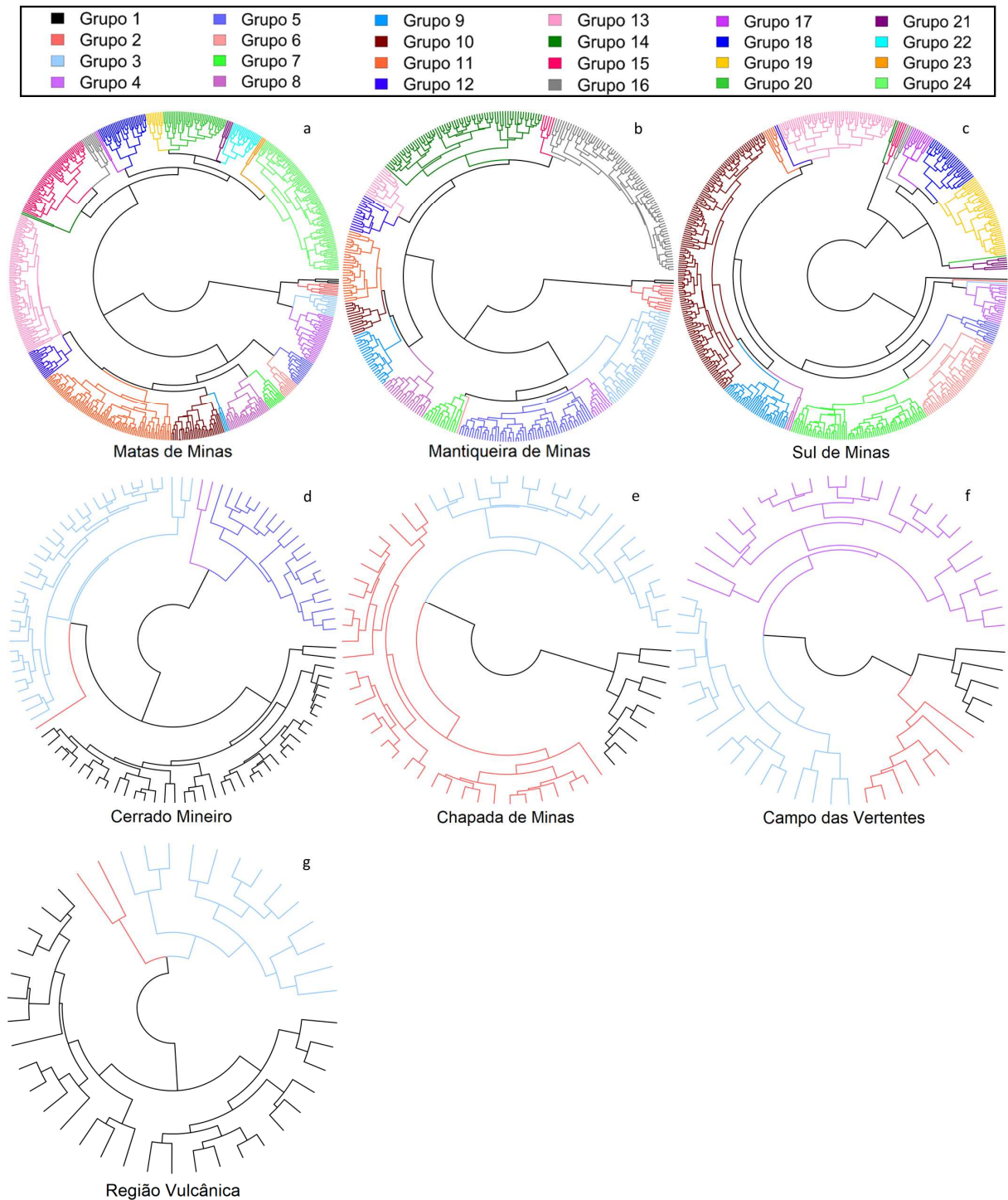
Os resultados da Tabela 6 indicaram que, no geral, as estruturas hierárquicas obtidas nos dendrogramas (Figuras 21 e 22) foram bem representativas. Os dendrogramas explicaram mais de 70% das dissimilaridades originais dos cafés “Naturais” da região das Matas de Minas, Mantiqueira de Minas, Sul de Minas, Cerrado Mineiro e Chapada de Minas. Com relação aos cafés “Cereja Descascado”, os coeficientes de correlação cofenética indicaram explicações superiores a 80% para a região das Matas de Minas, Mantiqueira de Minas (Tabela 6).

Ao analisar os dendrogramas formados a partir da análise de agrupamento dos cafés “Naturais” na Figura 21, observou-se que a região das Matas de Minas apresentou o maior número de agrupamentos, sendo formado 24 grupos, indicando que, há na região, pelo menos 24 perfis sensoriais distintos entre os cafés “Naturais”. Os grupos 1, 2, 3 e 4 foram os que mais se destacaram, com Nota Final média superior a 85 pontos (Tabela 7). Na sequência, os grupos 19, 20, 21, 22 e 23 também se destacam com Nota Final média maior que 83 pontos (Figura 21a e Tabela 7).

Na região Mantiqueira de Minas, foi evidenciado pelo menos 16 perfis sensoriais entre os cafés “Naturais”. O grupo 1, que foi formado por apenas 2 cafés, merece destaque com Nota Final média de 89,90 pontos. Em seguida, também merece destaque o grupo 2, com Nota Final média, superior a 87 pontos. Nessa região, também se destacam os grupos 3, 4, 5, 6 e 7 com Nota Final média maior que 83 pontos (Figura 21b e Tabela 7).

Os cafés “Naturais” de Sul de Minas foram agrupados em 21 grupos com perfis sensoriais distintos. Os grupos 14, 15 e 16 marcaram os perfis sensoriais com maior peso na Nota Final média, com valores de 87,62, 86,29 e 85,40 pontos, respectivamente (Figura 21c, Tabela 7). Para as demais regiões, houve menor número de grupos formados. Na região do Cerrado Mineiro, foram formados 5 grupos, já nas regiões Chapada de Minas e Região Vulcânica 3 grupos e Campo das Vertentes 4 grupos (Figura 21d, e, f e g, respectivamente).

Figura 21 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método das ligações completas) dos atributos sensoriais e Nota Final de todos os cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA) “Naturais”, produzidos nas regiões Matas de Minas (a) Mantiqueira de Minas (b), Sul de Minas (c), Cerrado Mineiro (d), Chapada de Minas (e), Campo das Vertentes (f) e Região Vulcânica (g) (Minas Gerais 2019 a 2022).



Análise realizada a partir da matriz de dissimilaridade da distância Euclidiana Padronizada Média.

Ponto de corte calculado pelo critério de Mojena (1977).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Tabela 7 – Nota final média dos grupos formados a partir da análise de agrupamento hierárquico dos cafés “Naturais” produzidos em sete regiões cafeeiras de Minas Gerais (2019 a 2022).

Grupos	Nota Final Média - Natural						
	Mat	Man	Sul	Cer	Chap	C.Ver	R.Vul
Grupo 1	87,30	89,90	80,05	80,70	84,65	82,34	80,94
Grupo 2	86,94	87,76	80,44	82,25	80,78	83,79	81,54
Grupo 3	85,61	85,40	81,08	82,01	82,49	81,41	82,56
Grupo 4	85,13	83,25	80,65	87,00	-	80,72	-
Grupo 5	80,52	83,60	80,61	83,86	-	-	-
Grupo 6	81,07	84,50	82,26	-	-	-	-
Grupo 7	81,03	84,16	81,54	-	-	-	-
Grupo 8	80,16	82,55	80,31	-	-	-	-
Grupo 9	80,97	80,64	80,51	-	-	-	-
Grupo 10	81,16	80,39	80,52	-	-	-	-
Grupo 11	81,27	82,14	82,07	-	-	-	-
Grupo 12	80,80	81,40	81,38	-	-	-	-
Grupo 13	80,37	81,88	81,48	-	-	-	-
Grupo 14	82,79	82,03	87,62	-	-	-	-
Grupo 15	81,81	80,92	86,29	-	-	-	-
Grupo 16	82,19	80,70	85,40	-	-	-	-
Grupo 17	82,81	-	84,64	-	-	-	-
Grupo 18	82,38	-	83,87	-	-	-	-
Grupo 19	83,47	-	83,14	-	-	-	-
Grupo 20	83,91	-	82,92	-	-	-	-
Grupo 21	83,68	-	83,40	-	-	-	-
Grupo 22	84,27	-	-	-	-	-	-
Grupo 23	83,03	-	-	-	-	-	-
Grupo 24	82,81	-	-	-	-	-	-
<b>Nº Amostras</b>	<b>583</b>	<b>395</b>	<b>478</b>	<b>99</b>	<b>63</b>	<b>56</b>	<b>42</b>

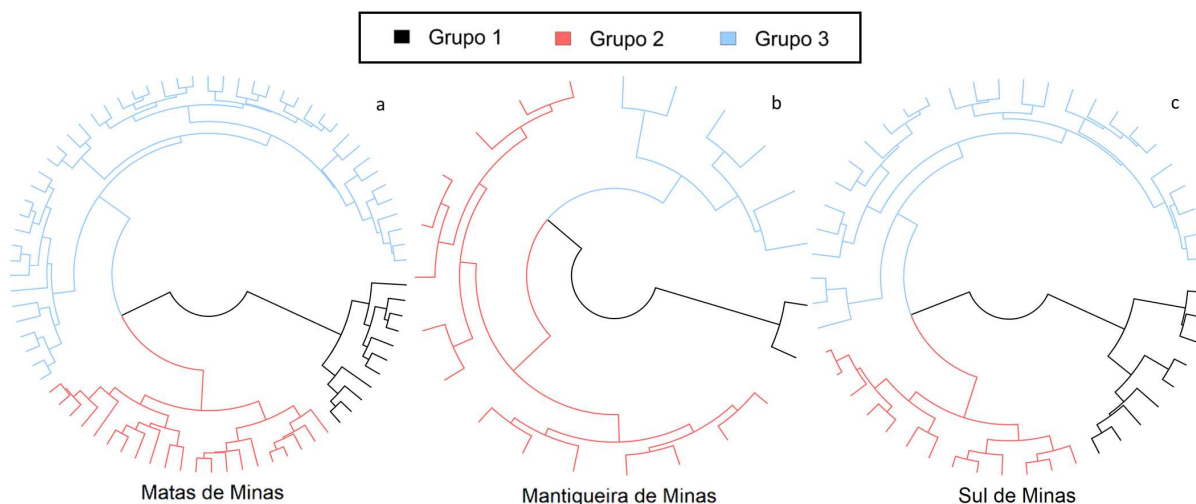
Mat: Matas de Minas. Man: Mantiqueira de Minas. Sul: Sul de Minas. Cer: Cerrado Mineiro. Chap: Chapada de Minas. C.Ver: Campo das Vertentes. R.Vul: Região Vulcânica.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Na análise de agrupamento dos cafés “Cereja Descascado”, o teste de aleatorização de Mantel (1967) demonstrou que o coeficiente de correlação dos cafés das regiões Cerrado Mineiro e Campo das Vertentes não foram significativos. Além disso, o ponto de corte calculado para as regiões Campo das Vertentes e Região Vulcânica foi mais alto do que o necessário para formação de grupos (Tabela 6). Portanto, procedeu-se com a análise de agrupamento dos cafés “Cereja Descascado” apenas para as regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas (Figura 22).

A análise de agrupamento dos cafés “Cereja Descascados” revelou formação de pelo menos 3 perfis sensoriais distintos nas regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas. O grupo 1 foi o que mais se destacou nas três regiões, com Nota Final média de 86,88, 86,75 e 84,92 pontos, respectivamente (Figura 22 e Tabela 8).

Figura 22 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método das ligações completas) dos atributos sensoriais e Nota Final de todos os cafés especiais (Nota Final  $\geq 80$  pontos – SCA) “Cereja Descascado” disponíveis, produzidos nas regiões Matas de Minas (a), Mantiqueira de Minas (b) e Sul de Minas (c) (Minas Gerais - 2019 a 2022).



Análise realizada a partir da matriz de dissimilaridade da distância Euclidiana Padronizada Média.  
 Ponto de corte calculado pelo critério de Mojena (1977).  
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Tabela 8 – Nota final média dos grupos formados a partir da análise de agrupamento hierárquico dos cafés “Cereja Descascado” de três regiões cafeeiras de Minas Gerais (2019 a 2022).

Grupos	Nota Final Média - Cereja Descascado		
	Matas de Minas	Mantiqueira de Minas	Sul de Minas
Grupo 1	86,88	86,75	84,92
Grupo 2	83,74	81,33	82,80
Grupo 3	81,22	83,54	80,72
Nº Amostras	79	23	49

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Além das análises multivariadas, também foi realizada uma análise de frequência dos descritores sensoriais, a fim de avaliar a diversidade dos *terroirs* em relação às Fragrâncias e Aromas, Sabores, Tipo e complexidade da Acidez, Corpo, Doçura e Retrogosto (Finalização). Nessa análise, os cafés “Cereja Descascados” foram analisados apenas na região das Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas, as demais regiões não apresentaram número de amostras suficiente para serem consideradas nessa análise. A representação gráfica da análise de frequências dos descritores sensoriais foi realizada na forma de Word Cloud (Nuvem de Palavras), e podem ser visualizadas nas Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29.

Os resultados evidenciaram padrões semelhantes entre os *terroirs* na composição dos descritores “Caramelo” e “Acidez Cítrica”, apresentando maior frequência em todas as regiões estudadas. Também ficou evidente que a maior variedade de descritores sensoriais foi

observada nos cafés das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas (Figuras 23, 24, 25).

Por fim, com o intuito de identificar os descritores sensoriais mais predominantes nos cafés de qualidade “Excelente” (Nota Final entre 85 a 89,99) e “Excepcional” (Nota Final entre 90 a 100) (SCA, 2023a), foram realizadas duas análises de frequência dos descritores sensoriais, sendo uma delas envolvendo todos os cafés especiais, com Nota Final entre 80 a 84,99 pontos e outra incluindo todos os cafés especiais de qualidade Excelente ou Excepcional, ou seja, aqueles com Nota Final  $\geq 85$  pontos (Figuras 30 e 31). Foi observado que os descritores sensoriais “Mel”, “Floral”, “Frutado”, “Rapadura”, “Doce” e “Frutas Amarelas” são mais frequentes em cafés especiais de qualidade Excelente e Excepcional. Também é válido destacar as notas frutadas de “Mamão Papaya”, “Pêssego”, “Cana”, “Limão”, “Laranja” e “Manga”, são mais predominantes nesses cafés (Figura 31).



Figura 24 – Word Cloud dos descritores sensoriais dos cafés especiais produzidos na região Mantiqueira de Minas (2019–2022), realizado a partir dos comentários dos produtores. Processamento “Natural” (395 amostras) (a) e “Cereja Descascado” (23 amostras) (b).



Maior tamanho da fonte indica maior frequência do descritor sensorial.

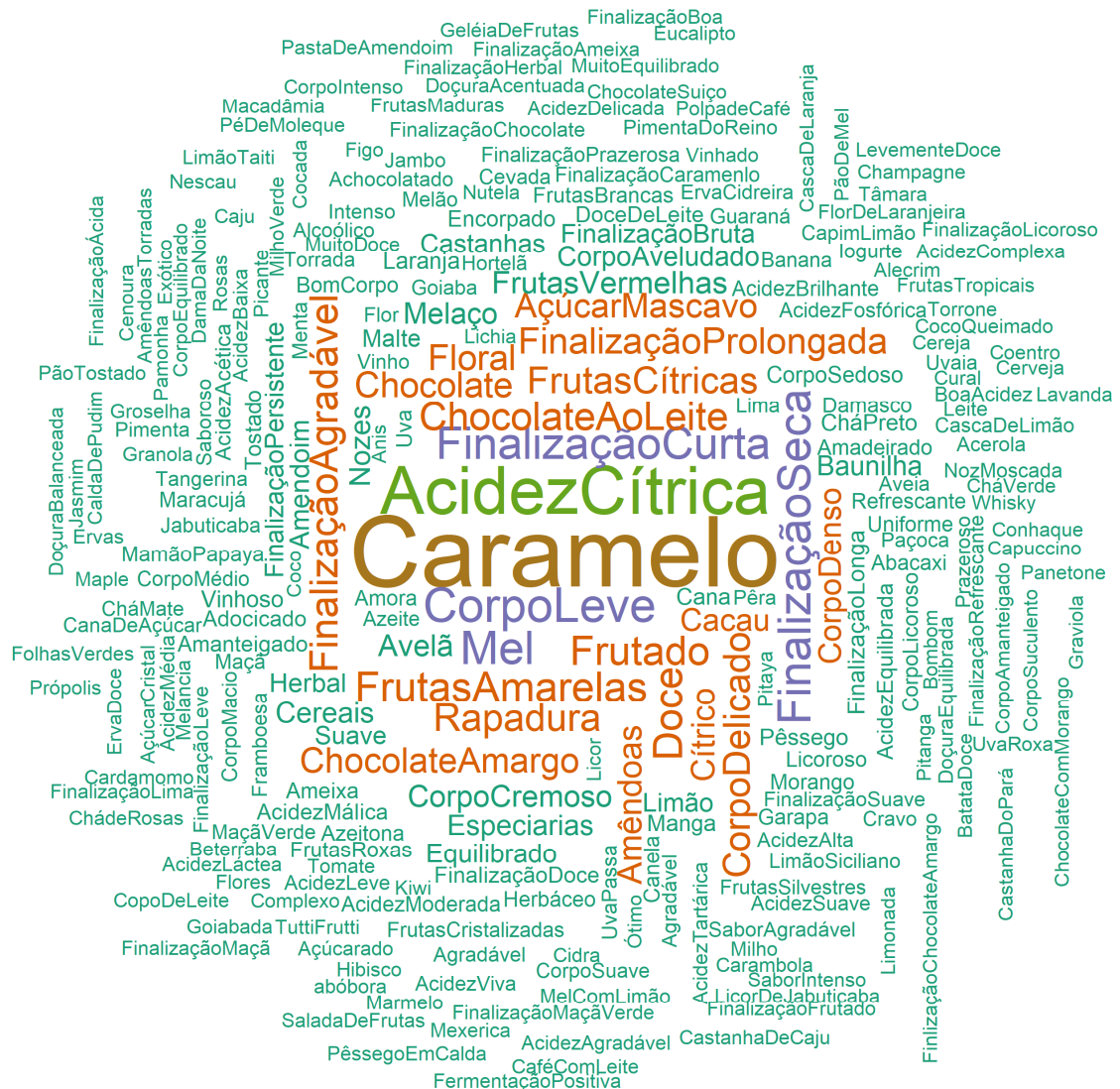
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.







Figura 30 – Word Cloud dos descritores sensoriais dos cafés especiais com Nota Final entre 80 e 84,99 pontos, produzido em sete regiões de Minas Gerais (2019–2022), realizado a partir dos comentários dos provadores. Processamento “Natural” e “Cereja Descascado” (1778 amostras).



Maior tamanho da fonte indica maior frequência do descritor sensorial.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.



estabelecido inicialmente nesses locais (SENAR, 2021). Além disso, vale considerar que as regiões Matas de Minas e Sul de Minas são grandes regiões cafeeiras (Figura 1), e juntas correspondem a mais de 60% da produção estadual (CONAB, 2023).

A cafeicultura nessas duas regiões é predominantemente constituída por pequenas propriedades (em média menor que 30 hectares) (Simões; Pelegrini, 2010). Nestes locais, a mão de obra é na maioria familiar, com baixo nível de tecnificação e raramente conta com assistência técnica ou gerencial. Este perfil de produtor se alinha perfeitamente ao público-alvo do programa ATeG (FAENG SENAR, 2023b). Como resultado, há um grande volume de amostras dessas regiões analisadas no cupping. Em contraste, a cafeicultura na região do Cerrado Mineiro (que também é uma grande região cafeeira, como observado na Figura 1) é mais tecnificada. As propriedades nessa região são maiores (em média, superior a 65 hectares) (Simões; Pelegrini, 2010). Os produtores dessa região possuem maior acesso à assistência técnica e gerencial, refletindo em menor número de amostras da região do Cerrado Mineiro avaliadas no cupping.

A categoria “Natural” foi a que concentrou maior número de amostras (Tabela 1 e 2), esse resultado é esperado, pois está alinhado ao perfil dos agricultores atendidos pelo programa. Esse método de processamento requer baixo investimento e menor nível tecnológico para ser realizado, onde na maioria das vezes utiliza-se estruturas planas como o terreiro de cimento e a luz e o calor do sol como fonte de energia no processo de secagem, tornando esse método um dos mais acessíveis (Poltronieri; Rossi, 2016).

Outro aspecto interessante a ser destacado é que o método de processamento “Natural”, por ser um dos mais simples e rudimentares, muitas vezes é associado a cafés de baixa qualidade. Isso ocorre principalmente devido ao grande número de defeitos que esses cafés podem apresentar, incluindo grãos verdes, pretos e ardidos, visto que os frutos verdes, secos e maduros, geralmente, não são separados antes do processamento, reduzindo a qualidade física e sensorial do lote. Além disso, esse método de processamento possui maior risco de fermentação indesejada devido aos elevados teores de açúcar na mucilagem somado ao alto teor de umidade dos grãos e maior tempo necessário para a secagem (Fernandez, 2015; Guimarães et al., 2019).

Contudo, apesar de o café “Natural” ter sido historicamente associado à baixa qualidade, não é totalmente correto fazer esse tipo de suposição. Quando apenas frutos maduros são devidamente selecionados e cuidadosamente secos, é possível produzir cafés “Naturais” de alta qualidade, muitas vezes, superiores aos cafés obtidos pelo processamento “Cereja Descascado”, como foi observado na Tabela 2 e nas Figuras 2h e 3h, onde as Notas Finais máximas foram

consistentemente superiores nos cafés “Naturais”, independentemente da região analisada. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2016), onde os autores destacaram a maior qualidade sensorial resultante do processamento via seca (“Natural”). Os cafés “Naturais” tendem a possuir uma presença mais complexa de compostos aromáticos ativos, que proporcionam uma sensação sedosa na boca (corpo mais denso), menor acidez e um espectro mais amplo de notas frutadas em comparação com cafés “Cereja Descascado” (Poltronieri; Rossi, 2016).

Apesar de haver maior probabilidade de a Nota Final máxima ser maior nos cafés “Naturais”, em virtude do maior número de amostras analisadas nessa categoria, também é válido destacar o comportamento metabólico dos grãos quando submetidos aos dois métodos de processamento. A remoção da casca do café (exocarpo), durante o processamento “Cereja Descascado” (via úmida), parece acelerar o processo de germinação do embrião (Borém et al., 2019b). Em geral, a germinação das sementes é dificultada por alguns mecanismos fisiológicos, dentre os quais merecem destaque os inibidores de germinação através da presença de fitohormônios como o ácido abscísico ou pelo alto potencial osmótico da polpa (Bewley; Black, 1994). Assim, uma vez que a casca é removida, juntamente com a mucilagem (completa ou parcialmente), o processo de germinação fica livre para ser iniciado (Selmar et al., 2006).

Além disso, foi descoberto que durante o processamento “Cereja Descascado” (via úmida), a expressão máxima da enzima isocitrato liase ocorre já no segundo dia de processamento, ao passo que no processamento “Natural” (via seca), o nível mais alto de transcrição da isocitrato liase ocorre cerca de uma semana após o início do processamento. A expressão dessa enzima é utilizada como indicativo do avanço dos processos de germinação, uma vez que ela está envolvida na remobilização das reservas das sementes para serem metabolizadas pelo embrião. Isso indica que o processo de germinação durante o processamento “Natural” é retardado, e que uma menor quantidade de reservas é degradada. Isso explica o fato de que, sementes processadas “Cereja Descascado” apresentam redução nos teores de açúcares (glicose e frutose), enquanto permanece inalterada durante o processamento “Natural” (Knopp; Bytof; Knopp, 2006; Bytof et al., 2007; Selmar et al., 2014).

Vale ressaltar que os açúcares são elementos fundamentais para conferir aroma, sabor e doçura ao café. Portanto, se por um lado o método de processamento “Natural” oferece maiores dificuldade em atingir boa qualidade em virtude dos defeitos e riscos de fermentação indesejada, por outro, oferece grande potencialidade para qualidade sensorial, em função da inibição dos processos de germinação e preservação de compostos essenciais a qualidade, tais como os açúcares. Aliado a isso, no atual estudo, observou-se que descritores do tipo “Muito

Doce”, “Doçura Acentuada” e “Extremamente Doce” só foram identificados em cafés “Naturais” (Figura 5 e Figura 8), possivelmente em virtude da maior preservação dos açúcares.

Em contrapartida, o processamento “Cereja Descascado”, permite uma padronização do processo de produção, onde há uma maior “facilidade” em atingir cafés de boa qualidade, visto que apenas grãos cereja são processados e oferecem menor risco de fermentação indesejada durante o processamento, corroborando com os resultados observados na Tabela 2, onde o maior percentual de cafés classificados como “café especial” foi observada consistentemente nos cafés “Cereja Descascado”, independentemente da região.

Neste estudo, os cafés “Naturais” se revelaram mais adequados para a diferenciação dos *terroirs* entre as regiões, como observado nas Figuras 2, 3, 14, 15, 16 e 17. Apesar de haver certa sobreposição entre as regiões, a diversidade dos cafés dessa categoria foi suficiente para identificar diferença estaticamente significativa entre as regiões na análise univariada (Figura 2). Novamente é válido mencionar a possibilidade dessa resposta ter sido observada em função do maior volume de informações disponível para os cafés “Naturais”, contudo, também é importante considerar que provavelmente os cafés “Naturais”, estão mais sujeitos a influência do ambiente local durante o processamento do que os cafés “Cereja Descascado”, principalmente em função do maior período em que o grão fica exposto aos processos fermentativos.

A fermentação é um processo que ocorre espontaneamente durante o processamento e tem impacto significativo na qualidade sensorial do café, podendo ser tanto positivo quanto negativo. Os açúcares e pectinas presentes na mucilagem do fruto de café maduro permitem o crescimento de microrganismos, principalmente bactérias e leveduras (Haile et al., 2019; Pereira et al., 2018). Cada método de processamento envolve um nível diferente de fermentação, onde as atividades dos microrganismos hidrolisam o complexo mucilaginoso da polpa do fruto, auxiliando a liberação do grão de café (Silva et al., 2014b).

Contudo, entende-se que esse fenômeno ocorra de forma mais lentamente nos cafés “Naturais” (Poltronieri; Rossi, 2016). O alto teor de umidade, polissacarídeos e açúcares presentes na mucilagem (Puerta; Rios, 2011), somados ao maior tempo necessário para a secagem, oferecem um ambiente propício para a atividade microbiana persistir por um período mais longo. Quando a fermentação ocorre de maneira não controlada, os compostos produzidos são fortemente influenciados pelas espécies microbianas predominantes naquele ambiente. Cada ambiente, por sua vez, apresenta uma diversidade única de espécies microbianas predominantes (microbiota nativa) (Elhalis; Cox; Zhao, 2023).

Em suma, é possível observar o efeito do *terroir* na análise univariada considerando apenas a Nota Final nas Figuras 2 e 3, visto que, ela engloba o somatório das avaliações dos atributos, estabelecendo assim, uma correlação forte e positiva com maioria dos demais atributos, como observado nas Figuras 14 e 15. As regiões Mantiqueira de Minas e Matas de Minas apresentaram *terroir* semelhante, bem como as melhores pontuações médias nos cafés “Naturais”. Também é válido destacar as regiões do Cerrado Mineiro e da Chapada de Minas com médias semelhantes estatisticamente e pontuações intermediárias. Por fim, as regiões Campos das Vertentes, Região Vulcânica e Sul de Minas também apresentaram pontuações médias similares entre si (Figura 2h).

No protocolo de avaliação sensorial SCA, embora os descritores não sejam obrigatórios, eles desempenham um papel crucial e fornecem detalhes dos perfis sensoriais dos cafés. Apesar de haver um glossário de termos descritivos específicos para a avaliação dos sabores dos cafés especiais (“Roda de Sabores”) (SCA, 2023b), os comentários podem ser realizados de maneira livre, contemplando descrições de outros atributos.

As categorias e subcategorias identificadas na análise de conteúdo dos descritores sensoriais (Figuras 4 e 5) foram estabelecidas com base em estudos anteriores da mesma natureza (Sobreira et al., 2015; Pinheiro, 2015, 2019; Bravin, 2021). Contudo, o atual estudo considerou a união da categoria “Fragrância/Aroma” com a categoria “Sabor” dos estudos anteriores, formando uma única categoria “Fragrância/Aroma e Sabor”. Essa junção é justificada pela dificuldade em separar esses descritores. Além disso, foram consideradas algumas subcategorias não observadas anteriormente, tais como: “Nozes”, “Especiarias”, “Cereal” e “Acidez Definida”. Também foi necessária a criação de subsubcategorias, para a categoria “Frutado” e “Acidez Definida”, a fim de caracterizar de maneira mais específica os tipos de frutas que compõe a subcategoria frutada, quando disponível, e o tipo de acidez percebida nos cafés. A identificação das novas subcategorias e subsubcategorias foi possível graças ao grande volume de amostras.

A análise de conteúdo revelou padrão de frequência semelhante *princiapis* das categorias e subcategorias de descritores sensoriais nas sete regiões. De maneira geral, os apresentaram predominância de “Fragrância/Aromas e Sabores” com notas de “Caramelo”, “Frutado”, “Nozes” e “Chocolate”. Na subcategoria “Frutado”, destacaram-se as “Frutas Cítricas” e as “Frutas “Amarelas”. Os cafés foram predominantemente “Doces”, com Corpo variando de “Cremoso” a “Suave”. A “Acidez Cítrica” é a mais encontrada e pode variar de “Equilibrada” a “Marcante”. A “Finalização Curta” é predominante, contudo, as “Finalizações Prolongadas”

e Prazerosas” também são comuns nesses *terroirs*, e no Geral são cafés “Agradáveis” (Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13).

Apesar da frequência relativa dos descritores sensoriais observada na análise de conteúdo demonstrar padrões semelhantes, é importante destacar que houve variações sutis nessas frequências entre as regiões, sugerindo um provável efeito do *terroir* no perfil sensorial dos cafés. Dessa forma, ao avaliar os cafés “Cereja Descascado” percebe-se que a maior frequência das subcategorias de descritores sensoriais “Floral”, “Frutado”, “Frutas Cítricas”, “Frutas Tropicais”, “Acidez Marcante”, “Acidez Cítrica”, “Acidez Málica”, “Corpo Encorpado”, “Finalização Prolongada” e “Finalização Prazerosa” foram encontradas na região das Matas de Minas (Figuras 6a, 7a, 9a, 10a, 11a, e 12a). A maior frequência das subcategorias “Caramelo”, “Herbal” e “Alcoólico”, “Frutas Secas”, “Frutas Silvestres”, “Acidez Acética”, “Acidez Fosfórica”, “Corpo Suave” e “Geral Agradável” foram encontradas na região Mantiqueira de Minas (Figuras 6b, 7b, 9b, 11b e 13b). Por fim, a maior frequência das subcategorias “Chocolate”, “Nozes”, “Frutas Vermelhas”, “Acidez Equilibrada”, “Acidez Tartárica”, “Corpo Cremoso” e “Finalização Curta” foram encontradas na região Sul de Minas (Figuras 6c, 7c, 9c, 10c, 11c e 12c).

Por outro lado, nos cafés “Naturais”, a maior frequência das subcategorias de descritores sensoriais “Cereais”, “Frutas Tropicais”, “Frutas Silvestres”, “Finalização Curta” e “Geral Agradável” foi observada na Região Vulcânica (Figuras 6g, 7g, 12g e 13g). As subcategorias “Chocolate”, “Caramelo”, “Acidez Equilibrada” e “Corpo Suave” foram mais frequentes na região de Campo das Vertentes (Figuras 6f, 9f e 10f). As subcategorias “Herbal”, “Frutas Cítricas” e “Acidez Acética” se destacaram mais na região da Chapada de Minas (Figuras 6e, 7e e 11e). As subcategorias “Floral”, “Frutado”, “Acidez Marcante” e “Finalização Prolongada” foram mais encontradas na região da Mantiqueira de Minas (Figuras 6b, 10b e 12b). Por fim, a subcategoria de “Especiarias” foi mais frequente na região do Cerrado Mineiro (Figura 3d), enquanto as subcategorias de “Frutas Amarelas” e “Acidez Málica” predominaram na região das Matas de Minas (Figuras 7a e 11a).

É importante ressaltar que as subcategorias e subsubcategorias “Outros”, dentro de “Fragrância/Aroma e Sabor” e de “Frutado”, englobam uma grande diversidade de descritores sensoriais (Figura 4). Assim, tanto os cafés “Cereja Descascado” quanto os “Naturais” da região das Matas de Minas, são cafés que apresentam grande diversidade nas fragrâncias, aromas e sabores, visto que possuem maior frequência relativa de descritores sensoriais nessas subcategorias (Figuras 6a e 7a). Também é válido destacar os cafés das regiões Mantiqueira de Minas e Sul de Minas, que também apresentaram grande diversidade de descritores frutados

(Figura 7b e c). É provável que as características inerentes destas regiões, tais como relevo montanhoso, agricultura familiar e ambiente cercado de remanescentes florestais, proporcionem grandes variações microclimáticas nas lavouras e nas formas com que cada agricultor processa o seu café. Isso, por sua vez, reflete na diversidade dos cafés ali produzidos.

As análises multivariadas também revelaram resultados interessantes. Um possível efeito do *terroir* foi observado nas elipses de confiança formadas a partir da análise de componentes principais, na qual as regiões foram separadas espacialmente num contexto multivariado. Para os cafés “Naturais” as elipses de confiança revelam pequenas sobreposições entre as regiões. As sobreposições ocorreram entre as regiões Mantiqueira de Minas e a Matas de Minas; entre as regiões Cerrado Mineiro e Chapada de Minas; entre Chapada de Minas e Campo das Vertentes; e entre Campo das Vertentes e Região Vulcânica. Ao mesmo tempo, em que as separações espaciais das elipses sugerem diferenciação sensorial dos cafés “Naturais” destas regiões, as pequenas sobreposições indicam certo grau de similaridade entre eles (Figura 14).

Em contrapartida, as elipses de confianças formadas a partir da análise de componentes principais dos cafés “Cereja descascado” indicaram maior grau de sobreposição entre as regiões, principalmente em relação à região do Cerrado Mineiro sobre as demais (Figura 15). Apesar de haver menor volume de dados disponíveis para os cafés “Cereja Descascados”, os resultados observados nas Figuras 2, 3, 14 e 15 indicam ser possível que o *terroir* exerça um efeito mais significativo sobre os atributos sensoriais do café ao utilizar o método de processamento via seca (café “Natural”).

Através da análise de agrupamento hierárquico, os cafés “Cereja Descascado” e “Natural” foram agrupados em 6 e 14 grupos, respectivamente, o que possibilitou entender melhor a similaridade sensorial entre os *terroirs* (Figura 16 e 17). Optou-se por calcular a Nota Final média de cada grupo a fim de caracterizar cada um dos grupos com base em apenas uma das características avaliadas na análise de agrupamento. Isso foi possível, uma vez que a maioria dos atributos sensoriais avaliados demonstrou forte correlação positiva com a Nota Final, como observado na análise de componentes principais (Figura 14 e 15). A semelhança entre os cafés “Naturais” verificada a partir da sobreposição das elipses de confiança (Figura 14), foram melhor estudadas na análise de agrupamento. Nos primeiros oito grupos, houve uma maior predominância de cafés das regiões Campo das Vertentes, Cerrado Mineiro, Chapada de Minas e Região Vulcânica, indicando haver maior semelhança nos perfis sensoriais nessas regiões. Por outro lado, nos últimos seis grupos, houve uma maior predominância de cafés das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas (Figura 16). O agrupamento dos cafés “Cereja Descascado” não demonstrou uma tendência clara nos agrupamentos das regiões.

A diferenciação e a caracterização dos *terroirs* do café desempenham um papel crucial na definição da autenticidade de uma determinada região, conferindo maior confiabilidade aos consumidores no momento da seleção do produto (Endaye et al., 2020). Dentre as várias abordagens utilizadas na avaliação e caracterização dos *terroirs*, a análise das características sensoriais acaba sendo uma das mais preponderantes, visto que, reflete o resultado de todas as interações anteriores e é um dos fatores mais significativos na escolha de um café de qualidade. Em função disso, essa metodologia está presente em diversos estudos voltados à avaliação do *terroir* do café (Brvin, 2021; Pinheiro, 2019; Scholz et al., 2018; Filete et al., 2022).

Além disso, é importante destacar que o atual estudo encontrou resultados significativos na discriminação dos *terroirs*, a partir da análise dos cafés produzidos pelos próprios agricultores destas regiões, seguindo suas metodologias de manejo da cultura, adubação, colheita e processamento sendo realizado no local de origem do grão. Os fatores humanos, bem como o processamento do café no local de origem, são destacados como fatores-chave na formação do *terroir* do café (Demossier, 2011; Scholz et al., 2018; Williams et al., 2022). Portanto, é fundamental serem considerados em estudos dessa natureza, pois auxiliam na real caracterização da região e do seu *terroir*, fornecendo maior confiabilidade ao estudo.

Outro ponto a ser considerado é que a diferenciação dos cafés, a partir de critérios estatísticos e científicos, pode auxiliar as cooperativas e associações dessas localidades na obtenção de selos de Indicações Geográficas (IG). Em meio ao atual cenário de comercialização de cafés especiais, reconhecidos pela sua qualidade superior e características sensoriais distintas, os selos de IGs, seja na forma de Indicação de Procedência (IP) e/ou Denominação de Origem (DO), conferem confiabilidade ao produto e asseguram ao consumidor a alta qualidade do café (Becker, 2009).

A aquisição desses selos é de grande importância para a visibilidade do produto e para a configuração do “sabor local” (taste of place), visto que, para isso, além dos atributos de qualidade sensorial, também são necessários atributos de qualidade simbólicos, tais como marcas, certificações e indicadores geográficos (Rosenberg, 2023). Além disso, por meio dessas garantias de qualidade, o produto pode ser comercializado a um valor de mercado mais elevado (Teuber, 2009, 2010), gerar maior renda para os agricultores, fortalecer a atividade agrícola (Lourenzani et al., 2020) e impulsionar o desenvolvimento econômico e social de toda a região.

## 4.2 Estudo da diversidade dos *terroirs*

Ao analisar a diversidade dos cafés de cada região através da análise de componentes principais, observou-se que, de modo geral, essa análise explicou uma proporção significativa da variabilidade nos dados em todas as regiões estudadas, com explicação acima de 80% da variabilidade nas regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas, Cerrado Mineiro e Chapada de Minas (Figura 18a e b, 19a e b) e acima de 70% nas regiões Sul de Minas, Campo das Vertentes e Região Vulcânica (Figura 18c, 19c e 20).

A nuvem de observações referentes aos cafés “Naturais” das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas apresentou indivíduos bastante próximos uns dos outros, indicando ser cafés com atributos sensoriais semelhantes entre si do ponto de vista multivariado. Apesar disso, notou-se que ocuparam uma grande área no espaço das componentes principais, sugerindo que existe grande variabilidade entre os cafés “Naturais” dessas regiões (Figura 18a, b e c). Isso indica que, mesmo compartilhando características sensoriais comuns, também há distinções nos perfis sensoriais desse café. Essa diversidade é um elemento interessante, pois auxilia na compreensão dos diferentes tipos de café produzidos nessas regiões.

Na região das Matas de Minas, foi identificada maior número de perfis sensoriais entre os cafés “Naturais”. O ponto de corte calculado pelo método de Mojena apresentou o menor valor nessa região (Figura 21a e Tabela 6). Isso pode ser um reflexo das amplas variações microclimáticas dessa região, uma vez que um menor valor para o ponto de corte representa a formação de mais grupos, evidenciando a complexidade e riqueza sensorial dos cafés “Naturais” produzidos na região das Matas de Minas.

Também foi evidenciado que as regiões Sul de Minas e Mantiqueira de Minas apresentaram grande diversidade em perfis sensoriais entre os cafés “Naturais”, ocupando a segunda e a terceira posição em termos de número de grupos formados, respectivamente (Figura 21b e c). A análise de frequência dos descritores sensoriais também destacou essas três regiões, possuindo o maior volume de descritores sensoriais (Figuras 23, 24 e 25). Vale destacar que essas respostas podem ter sido observadas em função do maior número de amostras analisadas nessas regiões, contudo, também é válido mencionar que as três regiões citadas possuem topografia acidentada, com relevo montanhoso, além disso, as regiões Matas de Minas e Sul de Minas ocupam grandes extensões territoriais (Figura 2), potencializando a formação de perfis sensoriais distintos.

É provável que regiões de relevo montanhoso possuam maior potencial em expressar diversidade na qualidade sensorial do café, visto que oferecem ambientes com mais fontes de

variação microclimática se comparadas a regiões de relevo mais plano. Dentre essas fontes de variação, é possível citar as variações de altitude e as encostas das montanhas em várias direções, gerando terrenos com diferentes faces de exposição ao sol. Essas duas fontes de variação influenciam significativamente uma gama de outros fatores ambientais, incluindo a quantidade e a qualidade de radiação solar, a temperatura média do ar, a umidade relativa do ar, o déficit de pressão de vapor, a evapotranspiração, a temperatura do ponto de orvalho, a duração do período de molhamento foliar, nível de sombreamento, dentre outras.

Diversos autores já evidenciaram o efeito significativo da altitude sobre a qualidade sensorial do café (Silveira et al., 2016; Ramos et al., 2016; Pereira et al., 2018). Acredita-se que a redução de temperatura, provocada pelo aumento de altitude, reduza o metabolismo da planta e atrase o amadurecimento do fruto. Esse efeito prolonga as fases de desenvolvimento do fruto, sobretudo as fases de expansão, granação e maturação, permitindo o maior acúmulo de compostos químicos associados à qualidade do café. Como consequências, os grãos de café cultivado em altitudes mais elevadas frequentemente são mais densos (Nugroho; Basunanda; Mw, 2016) e podem apresentar diferenças nos teores dos constituintes químicos (Pereira et al., 2021; Oliveira et al., 2022). A composição química do grão reflete nas características sensoriais, na qual os cafés produzidos em altitudes elevadas se destacam com melhor Fragrância/Aroma, Acidez, Retrogosto, Sabor, Balanço, Geral e Nota Final, como evidenciado em estudos de Silveira et al. (2016), Gamonal, Vallejos-Torres e López (2017) e Bravin (2021).

A direção da encosta também representa uma importante fonte de variação ambiental que desempenha um papel significativo na configuração dos microclimas de regiões montanhosas e podem afetar tanto a produção como a qualidade do café, como observado em trabalhos desenvolvidos por Mattiello et al. (2005), Avelino et al. (2005), Silveira et al. (2016) e Silva et al. (2016). No contexto do atual estudo, considerando os cafés produzidos em regiões brasileiras, situadas no Hemisfério Sul, as encostas voltadas para o norte recebem maior incidência de luz solar do que as encostas voltadas para o sul. Este fenômeno pode interferir na fisiologia das plantas e no desenvolvimento dos frutos, podendo afetar a composição química e as características sensoriais dos grãos (Silva et al., 2016).

Outro aspecto interessante a ser considerado é que, normalmente, a produção cafeeira de regiões montanhosas, tais como nas regiões Matas de Minas, Sul de Minas e Mantiqueira de Minas, envolve maior demanda de mão de obra, visto que a topografia é um fator limitante para a mecanização agrícola. Nesse contexto, é comum que o tamanho das propriedades seja de pequeno porte, onde a mão de obra é principalmente composta por membros da própria família. Isso, por sua vez, resulta em muitas propriedades por área. Cada agricultor conduz o cultivo, a

colheita e o processamento de acordo com suas próprias metodologias, o que pode impactar significativamente as características sensoriais dos cafés produzidos em propriedades vizinhas. Isso potencializa a diversificação sensorial dos cafés produzidos nessas regiões.

Além disso, nas pequenas propriedades cafeeiras, onde a produção de café *commodity* pode não ser suficientemente grande para suprir o sustento familiar, surge a necessidade de agregar valor ao produto. Nesse contexto, diversos agricultores se empenham na busca pela diferenciação de seus produtos, valendo-se de sua capacidade criativa para otimizar a qualidade do café. A diferenciação do produto é uma escolha estratégica interessante e permite com que pequenas propriedades cafeeiras se mantenham competitivas no mercado (Basco, 2014; Cruz; Caffarena; Solano, 2020). Ao explorar e identificar técnicas inovadoras para a obtenção de cafés de qualidade, esses produtores enriquecem a diversificação sensorial dessas regiões.

Ainda é importante destacar que, no mercado de cafés especiais, a diversificação sensorial é fundamental para atender as demandas e as expectativas de uma ampla gama de consumidores, desde os mais modestos até os mais exigentes. Além disso, embora os descritores sensoriais de maior frequência (“Caramelo” e “Acidez Cítrica”) sejam os mesmos em todas as regiões, é importante destacar os descritores sensoriais de menor frequência, principalmente aqueles relacionados a aroma e sabor onde há maior variação entre os *terroirs* (Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29). Esses descritores, por serem mais raros, podem agregar maior valor comercial ao café por transmitirem o sentimento de exclusividade (Wilson; Wilson, 2014; Conley; Wilson, 2020).

As três regiões de maior destaque (Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas) também foram as regiões que tiveram o maior número de amostras analisadas. Portanto, entende-se que os resultados observados nesse estudo representam bem os *terroirs* e a diversidade sensorial dos cafés dessas regiões.

Os resultados também fornecem um panorama da diversidade sensorial dos *terroirs* da região do Cerrado Mineiro, Chapada de Minas, Campos das Vertentes e Região Vulcânica. Contudo, é preciso ter cautela ao interpretar esses resultados, uma vez que a amostragem utilizada nas análises pode não englobar completamente o potencial de qualidade dessas regiões. Isso se deve tanto pelo menor número de amostras disponíveis quanto pela pequena área de abrangência da amostragem, principalmente nas regiões Chapada de Minas, Campo das Vertentes e Região Vulcânica (Tabela 1 e Figura 1). Contudo, verifica-se que são regiões com grande potencial para produção de cafés com qualidade superior (Tabela 1).

Por outro lado, a região do Cerrado Mineiro se destaca como uma região cafeeira diferenciada das demais, principalmente devido ao seu relevo mais plano e maior nível de

tecnificação. Provavelmente, essas características, aliadas ao maior tamanho médio das propriedades, reduzem as fontes de variação ambiental e humana, proporcionando um ambiente mais controlado para o cultivo do café. Esse contexto favorece a produção de grandes lotes de café com maior grau de padronização da qualidade, o que pode contribuir para a menor diversidade sensorial.

## 5 CONCLUSÃO

As regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Chapada de Minas, Campo das Vertentes e Região Vulcânica possuem potencial para expandir a produção de cafés especiais. O *terroir* das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas estão melhor representados em função do maior número de amostras analisadas. As regiões Mantiqueira de Minas e Matas de Minas alcançaram as maiores pontuações médias e máximas nos atributos sensoriais e na Nota Final dos cafés avaliados no Cupping ATeG Café+Forte entre os anos 2019 a 2022.

Há um padrão de frequência semelhante entre as regiões com relação as principais subcategorias de descritores sensoriais e de modo geral os perfis sensoriais dos cafés especiais dessas sete regiões podem ser descritos com predominância de Fragrâncias/Aromas e Sabores de “Caramelo”, “Frutado”, “Nozes”, “Chocolate”, “Frutas Cítricas” e “Frutas Amarelas”. O Corpo varia de “Suave” a “Cremoso”, a Acidez “Cítrica” e a Finalização “Curta” são as mais frequentes, contudo, as Finalizações “Prolongadas” e “Prazerosas” também são comuns nesses *terroirs*, e no Geral são cafés “Agradáveis”.

A grande diversidade sensorial entre os cafés das sete regiões permite a diferenciação entre os *terroirs*, contudo, simultaneamente, também possibilita que certos *terroirs* compartilhem de perfis sensoriais semelhantes entre si.

Nos *terroirs* estudados, os descritores sensoriais “Mel”, “Floral”, “Frutado”, “Rapadura”, “Doce”, “Frutas Amarelas”, “Mamão Papaya”, “Pêssego”, “Cana”, “Limão”, “Laranja” e “Manga” são mais frequentes em cafés especiais de qualidade “Excelente” (Nota Final entre 85 a 89,99) e “Excepcional” (Nota Final entre 90 a 100).

Novas análises precisam ser desenvolvidas para melhor elucidar a diferenciação sensorial entre esses *terroirs*, sobretudo quanto aos descritores sensoriais observados em menor frequência.

## REFERÊNCIAS

- ABDI, ICNA e SEBRAE, Brazilian Coffee Regions: Controlled and Sustainable Origins, 2023
- ACAVE, Associação dos Cafeicultores do Campo das Vertentes. **Campo das Vertentes**. Disponível em: <https://acave.com.br/>. Acesso em: 13 Out 2023.
- ALMEIDA, L. F.; ZYLBERSZTAJN, D.; GIORDANO, S. R.; VITA, C. L. R. Direcionadores de mudança na cafeicultura: passado, presente e desafios futuros. In: ZYLBERSZTAJN, D.; GIORDANO, S. R.; VITA, C. L. R. (Orgs.). **Cadernos Universidade do Café** 2016, v. 8, p. 53-75, 2016.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANESI, Andrea et al. Towards a scientific interpretation of the *terroir* concept: plasticity of the grape berry metabolome. **BMC plant biology**, v. 15, p. 1-17, 2015.
- APROCAM, Associação dos Produtores de Café da Mantiqueira -. **Regulamento de Uso Denominação de Origem Mantiqueira de Minas**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/arquivos/cadernos-de-especificacoes-tecnicas/MantiqueiradeMinas.pdf>. Acesso em: 09 out. 2023.
- AVELINO, Jacques et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude *terroirs* of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, 2005.
- BARBOSA, J. N. et al. Spatial distribution of coffees from Minas Gerais state and their relation with quality. **Coffee Science**, v. 5, n. 3, p. 237-250, 2010.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BECKER, Tilman C. European food quality policy: the importance of geographical indications, organic certification and food quality assurance schemes in European countries. **Estey Journal of International Law and Trade Policy**, v. 10, n. 1, p. 111-130, 2009.
- BITTER, Nicholas Q. et al. Distinguishing the region-of-origin of roasted coffee beans with trace element ratios. **Food Chemistry**, v. 320, p. 126602, 2020.
- BRAVIN, Núbia Pinto. **Caracterização sensorial dos cafés da região das Matas de Minas selecionados em concurso de qualidade**. 2021. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.
- BASCO, Rodrigo. Exploring the influence of the family upon firm performance: Does strategic behaviour matter?. **International small business journal**, v. 32, n. 8, p. 967-995, 2014.
- BEWLEY, J. Derek; BLACK, Michael. **Seeds: physiology of development and germination**. Springer Science & Business Media, 1994.

BORÉM, Flávio Meira et al. Meteorological variables and sensorial quality of coffee in the mantiqueira region of minas gerais. **Coffee Science-ISSN 1984-3909**, v. 14, n. 1, p. 38-47, 2019a.

BORÉM, Flávio Meira et al. Influence of Genetics, Environmental Aspects and Post-harvesting Processing on Coffee Cup Quality. In: **Coffee: Production, Quality and Chemistry**. The Royal Society of Chemistry, 2019b. p. 387-417.

BRESSANI, Ana Paula Pereira et al. Into the minds of coffee consumers: perception, preference, and impact of information in the sensory analysis of specialty coffee. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 667-675, 2021.

BSCA, Brazil Specialty Coffee Association -. **REGIÕES**. 2023. Disponível em: <https://brazilcoffeenation.com.br/region/list>. Acesso em: 10 out. 2023.

BYTOF, Gerhard et al. Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, v. 100, n. 1, p. 61-66, 2007.

CAFÉ DA REGIÃO VULCÂNICA. **Além da Qualidade**. Disponível em: <https://regiaovulcanica.org.br/>. Acesso em: 19 Nov de 2023.

CHAPADA DE MINAS. **Região Chapada de Minas**. Disponível em: <http://www.chapadademinas.org.br> Acesso em: 09 out. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Café**. Brasília: Conab, v. 10, n. 3, 2023 45p.

CONLEY, Jamison; WILSON, Bradley. Coffee *terroir*: Cupping description profiles and their impact upon prices in Central American coffees. **GeoJournal**, v. 85, p. 67-79, 2020.

CRUZ, Allan Dicua; CAFFARENA, Leonardo Centeno; SOLANO, Marcos Vega. Being different matters! A closer look into product differentiation in specialty coffee family farms in Central America. **Cross Cultural & Strategic Management**, v. 27, n. 2, p. 165-188, 2020.

DEMOSSIER, Marion. Beyond *terroir*: territorial construction, hegemonic discourses, and French wine culture. **Journal of the Royal Anthropological Institute**, v. 17, n. 4, p. 685-705, 2011.

DONFRANCESCO, Brizio; GUZMAN, Nelson Gutierrez; CHAMBERS IV, Edgar. Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia. **Food Research International**, v. 116, p. 645-651, 2019.

DONNETAL, M. Laura; DAVE, D. Weatherspoonb; HOEHNC, John P. What Adds Value in Specialty Coffee. **Managerial Implications from Hedonic Price Analysis of Central and South American E-Auctions**, 2007.

ELHALIS, Hosam; COX, Julian; ZHAO, Jian. Coffee fermentation: Expedition from traditional to controlled process and perspectives for industrialization. **Applied Food Research**, p. 100253, 2023.

ENDAYE, Minbale et al. Combining multi-element analysis with statistical modeling for tracing the origin of green coffee beans from Amhara region, Ethiopia. **Biological trace element research**, v. 195, p. 669-678, 2020.

FAENG SENAR. **O que é o Sistema FAEMG?** 2023a. Disponível em: <http://www.sistemafaemg.org.br/o-que-e-sistema-faemg>. Acesso em: 06 out. 2023.

FAENG SENAR. **Programa de Assistência Técnica e Gerencial – ATeG.** 2023b. Disponível em: <http://www.sistemafaemg.org.br/o-que-e-sistema-faemg>. Acesso em: 06 out. 2023.

FARAH, A.; LIMA Â. G. Organic acids. in: **Coffee Production, Quality and Chemistry**, 2019. p. 517-543.

FASSIO, L. O. et al. Sensory profile and chemical composition of specialty coffees from Matas de Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 9, p. 78, 2017.

FELLOWS, Ian. **wordcloud: word cloud.** 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/wordcloud/index.html>. Acesso em: 13 dez. 2024.

FERNANDEZ, Mario Roberto Alduenda. **Effect of Processing on the Flavour Character of Arabica Natural Coffee.** 2015. Tese de Doutorado. University of Otago.

FILETE, Cristhiane Altoé et al. The New Standpoints for the *Terroir* of *Coffea canephora* from Southwestern Brazil: Edaphic and Sensorial Perspective. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1931, 2022.

GAMONAL, Liliana Estrella; VALLEJOS-TORRES, Geomar; LÓPEZ, Luis Arévalo. Sensory analysis of four cultivars of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martin region-Peru. **Ciência Rural**, v. 47, 2017.

GALILI, Tal. **dendextend: Extending 'dendrogram' Functionality in R.** 2024. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/dendextend/index.html>. Acesso em: 13 dez. 2024.

GU, Zuguang. **circlize: Circular Visualization.** 2024. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/circlize/index.html>. Acesso em: 13 dez. 2024.

GUIMARÃES, Elisa Reis et al. The brand new Brazilian specialty coffee market. **Journal of food products marketing**, v. 25, n. 1, p. 49-71, 2018.

GUIMARÃES, Rubens José et al. Coffee growing and post-harvest processing. In: **Coffee**. 2019. p. 26-88.

HAILE, Mesfin et al. The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. **Journal of Food Quality**, v. 2019, 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: 13 Out 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Físico Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.brasil-turismo.com/minas-gerais/mapas/mapa-fisico.htm>. Acesso em: 10 out. 2023

INPI, Instituto Nacional da Propriedade Rural. **FICHA TÉCNICA DE REGISTRO DE INDICAÇÃO GEOGRÁFICA**. 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/arquivos/fichas-tecnicas-de-indicacoes-geograficas/copy\\_of\\_CampodasVertentes.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/arquivos/fichas-tecnicas-de-indicacoes-geograficas/copy_of_CampodasVertentes.pdf). Acesso em: 11 out. 2023.

KASSAMBARA Alboukadel.; MUNDT, Fabian: **factoextra: Extraia e visualize os resultados de análises de dados multivariados**. 2020. Disponível em: <https://rpkg.sdatanovia.com/factoextra/index.html>. Acesso em: 13 dez. 2024.

KNOPP, Sven; BYTOF, Gerhard; SELMAR, Dirk. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, v. 223, p. 195-201, 2006.

LOURENZANI, Ana Elisa Bressan Smith et al. What fills your cup of coffee? The potential of geographical indication for family farmers' market access. In: **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**. Woodhead Publishing, 2020. p. 149-165.

LUCINI, Luigi; ROCCHETTI, Gabriele; TREVISAN, Marco. Extending the concept of *terroir* from grapes to other agricultural commodities: An overview. **Current Opinion in Food Science**, v. 31, p. 88-95, 2020.

MACIEL, Gustavo Nunes et al. Cup of excellence and the evolution of the brazilian specialty coffee market: a historical perspective. **Coffee Science**, v.16, e161980, 2021.

MANLY, B. F. J. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma introdução** (tradução Sara Iandra Crmona). 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008, 229p.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and generalized regression approach. **Cancer Res**. v.27, p. 209-220, 1967.

MANTIQUEIRA DE MINAS. **Tradição e Vanguarda na Produção de Cafés Raros E Surpreendentes**. 2023. Disponível em: <http://www.mantiqueirademinas.com.br/region>. Acesso em: 09 out. 2023.

MATIELLO, J. B. et al. Efeito da face de exposição do cafeeiro na produtividade e na qualidade dos frutos na região de Pirapora – MG. **Rev. Bras. Tec. Cafeeira**, 7:19, 2005.

MINAS GERAIS. **Geografia**. 2023. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pagina/geografia>. Acesso em: 10 out. 2023.

Ministério das Relações Exteriores. **Cafés Brasileiros com Indicação Geográfica**. 2022.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, p. 359-363, 1977.

NUGROHO, Dwi; BASUNANDA, Panjisakti; MW, Suryadi. Physical bean quality of Arabica coffee (Coffea Arabica) cultivated at high and medium altitude. **Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)**, v. 32, n. 3, p. 151-161, 2016.

OLIVEIRA, Emanuele Catarina da Silva et al. Chemical and sensory discrimination of coffee: impacts of the planting altitude and fermentation. **European Food Research and Technology**, v. 248, n. 3, p. 659-669, 2022.

PEREIRA, Lucas Lousada et al. Influence of solar radiation and wet processing on the final quality of arabica coffee. **Journal of Food Quality**, v. 2018, p. 1-9, 2018.

PEREIRA, Priscila V. et al. Effect of altitude and terrain aspect on the chemical composition of Coffea canephora cherries and sensory characteristics of the beverage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 6, p. 2570-2575, 2021.

PINHEIRO, A. C. T. **Perfil sensorial e repetibilidade de provadores de cafés especiais em Minas Gerais**. 2019. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2019.

PINHEIRO, A. C. T. **Influência da altitude, face de exposição e variedade na caracterização da qualidade sensorial dos cafés da região das Matas de Minas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

POLTRONIERI, Palmiro; ROSSI, Franca. Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. **Challenges**, v. 7, n. 2, p. 19, 2016.

PUERTA, G. I.; RIOS, S. Chemical composition of coffee mucilage according to fermentation and refrigeration time. *Rev. Cenicafé*, v. 62, p. 23-40, 2011.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2019. Disponível em: <http://www.r-project.org>

RAMOS, Mariana Figueira et al. Discrimination of the sensory quality of the Coffea arabica L.(cv. Yellow Bourbon) produced in different altitudes using decision trees obtained by the CHAID method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 10, p. 3543-3551, 2016.

REBOITA, Michelle Simões et al. Climate Aspects in Minas Gerais State. **Revista brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.

REGIÃO DAS MATAS DE MINAS. **Região das Matas de Minas**. 2021. Disponível em: <https://matasdeminas.org.br/matas-de-minas/>. Acesso em: 09 out. 2023.

REGIÃO DO CERRADO MINEIRO. **Juntos Construimos Uma Nova Região**. 2015. Disponível em: <https://www.cerradomineiro.org/index.php?pg=regiao>. Acesso em: 09 out. 2023.

RIBEIRO, Diego Egidio et al. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2412-2422, 2016.

ROSENBERG, Milda. Transforming Burundian “taste of place”: From shunned in commercial blends to specialty coffee. **Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography**, p. 1-13, 2023.

SCA, Specialty Coffee Association. **Protocols & Best Practices**. 2023. Disponível em: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices> Acesso em: 13 Out. 2023a.

SCA, Specialty Coffee Association. **The Coffee Taster's Flavor Wheel**. Disponível em: <https://sca.coffee/research/coffee-tasters-flavor-wheel>. Acesso em: 23 Out de 2023b.

SCHOLZ, Maria Brigida Santos et al. The typicity of coffees from different *terroirs* determined by groups of physico-chemical and sensory variables and multiple factor analysis. **Food Research International**, v. 114, p. 72-80, 2018.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Programa ATeG Café premia 21 produtores de destaque em Minas Gerais**. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/programa-ateg-cafe-premia-21-produtores-de-destaque-em-minas-gerais>. Acesso em: 17 out. 2023.

SELMAR, Dirk. et al. Germination of coffee seeds and its significance for coffee quality. **Plant Biology**, v. 8, n. 02, p. 260-264, 2006.

SELMAR, Dirk; KLEINWÄCHTER, Maik.; BYTOF, Gerhard. Metabolic responses of coffee beans during processing and their impact on coffee flavor. **Cocoa and coffee fermentations**, p. 431-476, 2014.

SOBREIRA, Fabricio Moreira et al. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica*) genealogie groups the sensogram and content analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 6, p. 486, 2015.

SILVA, Cristina Ferreira et al. Microbial activity during coffee fermentation. **Cocoa and coffee fermentations**, p. 368-423, 2014b.

SILVA, Samuel de Assis et al. Characterization and delimitation of the *terroir* coffee in plantations in the municipal district of Araçuaia, Minas Gerais, Brazil. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, p. 18-26, 2014a.

SILVA, Samuel de Assis et al. Influence of climate, soil, topography and variety on the *terroir* and on coffee quality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 24, n. 3, p. 1-15, 2018.

SILVA, Samuel de Assis et al. Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 9, p. 3098-3108, 2016.

SIMÕES, Juliana Carvalho; PELEGRINI, Djalma Ferreira. Diagnóstico da cafeicultura mineira–1: regiões tradicionais–Sul/Sudoeste de Minas, Zona da Mata, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. EPAMIG, Belo Horizonte, 2010.

SILVEIRA, Alice de Souza et al. 'Sensory analysis of specialty coffee from different environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. **Revista Ceres**, v. 63, p. 436-443, 2016.

TEUBER, Ramona. Café de Marca-Honduras' GI approach to achieving reputation in the coffee market. **Estey Journal of International Law and Trade Policy**, v. 10, n. 1, p. 131-148, 2009.

TEUBER, Ramona. Geographical indications of origin as a tool of product differentiation: The case of coffee. **Journal of International Food & Agribusiness Marketing**, v. 22, n. 3-4, p. 277-298, 2010.

USDA, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. **Coffee: World Markets and Trade**, June 2023.

WICKHAM, Hadley. ggplot2-elegant graphics for data analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 77, p. 1-3, 2016.

WILLIAMS, Simon D. et al. Does Coffee Have *Terroir* and How Should It Be Assessed? **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1907, 2022.

WILSON, Adam P.; WILSON, Norbert LW. The economics of quality in the specialty coffee industry: insights from the Cup of Excellence auction programs. **Agricultural Economics**, v. 45, n. S1, p. 91-105, 2014.

ZAIDAN, Úrsula Ramos et al. Ambiente e variedades influenciam a qualidade de cafés das matas de minas. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 240-247, 2017.

ZANIN, R. C. et al. Good cup quality roasted coffees show wide variation in chlorogenic acids content. **LWT-Food Science and Technology**, v. 74, p. 480-483, 2016.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – Distribuição das cultivares em cada região.

<b>Mat</b>	<b>Man</b>	<b>Sul</b>	<b>Cer</b>	<b>Chap</b>	<b>C.Ver</b>	<b>R.Vul</b>
68,0% Catuaí Vermelho	52,4% Catuaí Vermelho	51,3% Catuaí Vermelho	48,0% Catuaí Vermelho	66,7% Catuaí Vermelho	34,5% Catuaí Vermelho	44,9% Catuaí Vermelho
11,0% Catucaí Vermelho	16,1% Catucaí Amarelo	19,0% Mundo Novo	11,1% Mundo Novo	19,0% Catucaí Amarelo	20,7% Catucaí Amarelo	38,8% Catucaí Amarelo
6,8% Catucaí Amarelo	11,2% Mundo Novo	14,0% Catucaí Amarelo	11,1% Topázio	9,5% Catiguá	13,8% Acaiá	8,2% Mundo Novo
3,4% Catucaí Amarelo	6,0% Catucaí Amarelo	3,8% Arara	7,4% Catucaí Amarelo	4,8% Aranãs	13,8% Catucaí Vermelho	2,0% Catucaí Amarelo
3,2% Arara	3,9% Bourbon Amarelo	3,1% Catucaí Vermelho	5,6% Catucaí Vermelho		13,8% Mundo Novo	2,0% Catucaí Vermelho
2,1% Mundo Novo	4,2% Acaiá	2,3% Acaiá	3,7% Acaiá		3,4% Catucaí Amarelo	2,0% Icatu Vermelho
1,1% Bourbon Vermelho	1,8% Icatu Amarelo	1,9% Catucaí Amarelo	3,7% Arara			2,0% Bourbon Amarelo
1,1% Bourbon Amarelo	1,8% Catucaí Vermelho	1,9% Topázio	3,7% Rubi			
0,9% Catimor	1,1% Arara	1,1% Catiguá	1,9% Catiguá			
0,8% Acaiá	0,7% Rubi	0,4% Rubi	1,9% Catucaí Amarelo			
0,6% Aranãs	0,4% Obatã	0,4% Icatu Amarelo	1,9% Araponga			
0,4% Caturra	0,4% Icatu Vermelho	0,4% Icatu Vermelho				
0,2% Oeiras		0,4% Obatã				
0,2% Acauã						
0,2% Catiguá						

Mat: Matas de Minas. Man: Mantiqueira de Minas. Sul: Sul de Minas. Cer: Cerrado Mineiro. Chap: Chapada de Minas. C.Ver: Campo das Vertentes. R.Vul: Região Vulcânica.

As cultivares das linhagens catuaí, catucaí, bourbon e icatu foram agrupadas conforme a cor dos frutos.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

## **CAPÍTULO 2: MAPEAMENTO E INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NA QUALIDADE SENSORIAL DOS CAFÉS ARÁBICAS PRODUZIDOS NA REGIÃO DAS MATAS DE MINAS**

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a diversidade ambiental da região das Matas de Minas com base nas principais variáveis que influenciam a qualidade sensorial do café, bem como avaliar a distribuição espacial da qualidade na região e analisar a relação entre o ambiente e a qualidade dos cafés provados durante o Cupping ATeG Café+Forte 2022. Na caracterização da diversidade ambiental, utilizou-se dados disponibilizados gratuitamente em plataformas online para obter as estimativas de temperatura e precipitação, bem como as informações de altitude, teor de argila, água disponível e a distribuição do parque cafeeiro e dos remanescentes florestais nativos da região. A partir desses dados, foi realizada uma análise de agrupamento hierárquico para quantificar a diversidade ambiental entre as propriedades cafeeiras da região. Na sequência, foi avaliada a distribuição espacial da qualidade dos cafés, por meio da estimativa de densidade Kernel, bem como a relação entre o ambiente e a qualidade sensorial dos cafés, mediante a análise de correlação de Pearson e a análise de componentes principais. A região das Matas de Minas apresenta estações quente e fria, seca e chuvosa, bem definidas. A temperatura média anual da região é de 21 °C, enquanto a precipitação acumulada média anual é de 1288 mm. A altitude média da região é de 697 m, contudo, cerca de 60% do território da região possui altitude variando entre 600 e 1000 m. Os valores médios do teor de argila e da água disponível do solo foram de 391 g/kg e 1,56 mm/cm<sup>3</sup> de solo, respectivamente. O parque cafeeiro e os remanescentes florestais nativos ocupam aproximadamente 10 e 21% do território da região, respectivamente. A análise de agrupamento hierárquico identificou 42 grupos ambientais entre as propriedades cafeeiras analisadas. A distribuição da produção de cafés especiais ocupou a maior parte do parque cafeeiro da região. As variáveis ambientais exerceram uma leve influência na qualidade sensorial do café, considerando o banco de dados utilizado. Isso indica que, dentro das limitações do estudo, as boas práticas durante o cultivo, colheita, processamento e armazenamento podem impactar de maneira mais significativa a qualidade sensorial dos cafés produzidos na região das Matas de Minas do que as variáveis ambientais estudadas.

## 1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas e apreciadas em todo o mundo, principalmente o tipo arábica (*Coffea arabica* L.). Seu sabor é amplamente reconhecido e atrai consumidores de várias partes do mundo (ICO, 2022). Diversos fatores ambientais exercem influência significativa na qualidade sensorial do café, isso o torna um típico produto do *terroir* (Lucini; Rocchetti; Trevisan, 2020). Dessa forma, a combinação complexa de fatores ambientais, culturais e agronômicos é responsável por afetar a quantidade e o balanço entre os diversos componentes químicos depositados nos grãos durante o desenvolvimento (Alonso-Salces et al., 2009; Scholz et al., 2018; Agnoletti et al., 2024). Esse efeito é refletido nos atributos sensoriais da bebida, principalmente no aroma, doçura, sabor e acidez, conferindo identidade ao café de cada região (Lambot et al., 2017).

Dentre as variáveis ambientais mais relevantes a respeito desse assunto, a temperatura do ar e a precipitação se destacam como elementos-chave, exercendo influência direta nos níveis de estresse fisiológico aos quais o cafeeiro é submetido (Decazy et al., 2003; Ferreira et al., 2022; Williams et al., 2022). Além disso, essas duas variáveis atmosféricas, também possuem efeito indireto, visto que influenciam uma série de outras variáveis, tais como a umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor, etc. Cada uma delas podendo afetar de alguma maneira o desenvolvimento e a qualidade dos grãos.

A altitude e a latitude são variáveis que influenciam indiretamente a qualidade sensorial do café por estarem diretamente relacionadas à temperatura do ar. Em regiões de altitudes elevadas e em latitudes distantes da linha do equador, as temperaturas tendem a ser mais frias (Alvares et al., 2013). Quando os grãos se desenvolvem sob temperaturas mais amenas, o amadurecimento dos frutos ocorre de forma mais lenta. Estudos indicam que esse amadurecimento prolongado permite um maior acúmulo de compostos desejáveis, resultando em uma qualidade sensorial superior (Vaast et al., 2006).

Em regiões onde o relevo é montanhoso, o microclima pode ser influenciado pela exposição solar da encosta. No Hemisfério Sul, por exemplo, encostas voltadas para o norte geralmente recebem uma maior quantidade de radiação solar direta, em comparação com as encostas voltadas para o sul. Dessa forma, as variações na quantidade e intensidade da radiação solar nas encostas podem interferir na fisiologia e no metabolismo das plantas e, conseqüentemente, influenciar o desenvolvimento dos frutos e a qualidade sensorial do café. A influência do lado de exposição das encostas sobre a qualidade sensorial dos cafés já foi relatada em estudos de Pinheiro (2015), Silveira (2015), Silva et al. (2016) e Zaidan et al. (2017). Além

disso, os relevos montanhosos proporcionam grandes variações de altitude em distâncias relativamente pequenas, refletindo em alterações na temperatura ao longo do terreno.

Outro aspecto de grande importância para o *terroir* é o solo onde as plantas são cultivadas (Costantini; Bucelli, 2014; Filete et al., 2022). Uma das principais características físicas do solo é a textura, que pode ser mensurada a partir da proporção entre areia, silte e argila. A fração argila é a mais importante, por representar a maior parte da fase sólida do solo e possuir maior superfície específica. O teor e o tipo de argila estão geralmente correlacionados com diversas outras variáveis, tais como: a capacidade de troca catiônica do solo (CTC), teor de matéria orgânica, densidade do solo, disponibilidade água e nutrientes entre outros (Schjonning et al., 2017; Yunan; Xianliang; Xiaochen, 2018).

Dessa forma, ao caracterizar os *terroirs* das regiões cafeeiras, é importante considerar essas características inerentes ao ambiente. A espacialização dessas variáveis na região permite observar a dimensão da diversidade ambiental e avaliar como essa diversidade se distribui ao longo do parque cafeeiro. Também é válido ressaltar que a conscientização do mercado consumidor a respeito da sustentabilidade e a preservação da diversidade da fauna e da flora nativa é crescente (Millard, 2017; Samper; Quiñones-Ruiz, 2017; SCA, 2024). Assim, o monitoramento ambiental das regiões cafeeiras, especialmente em relação à preservação dos remanescentes florestais nativos, é de grande relevância para elevar a sustentabilidade na cafeicultura.

A região das Matas de Minas é responsável por produzir anualmente mais de sete milhões de sacas de 60 kg de café arábica, beneficiado (CONAB, 2023). Essa produção é comparável à de países como Etiópia e Honduras, que ocupam o terceiro e o quarto lugar no ranking de maiores produtores mundiais de café arábica (USDA, 2023). A região das Matas de Minas possui indicação de procedência desde 2020 e se destaca na produção de café de qualidade artesanal, com grande diversidade de aromas e sabores, reconhecidos nas principais premiações nacionais e internacionais. A cafeicultura é predominantemente oriunda da agricultura familiar, cultivada em pequenas propriedades e marcada pela preocupação com a produção sustentável (Região das Matas de Minas, 2021).

Apesar de ficar evidente, em diversos estudos, que as condições ambientais influenciam positiva ou negativamente a qualidade sensorial do café (Oberthür et al., 2011; Silveira et al., 2016; Ferreira et al., 2022), a interação entre os fatores pode ocorrer de maneira distinta em cada local. Dessa forma, é importante avaliar como o ambiente afeta a qualidade do café em cada região, a fim de identificar os fatores mais relevantes e quantificar sua contribuição. Além disso, é válido mencionar que o fator humano é essencial para a formação do *terroir* (Williams

et al., 2022), e, portanto, é importante serem considerados em estudos dessa natureza, por meio de avaliações sensoriais de amostras de café, produzidas e processadas segundo os manejos e costumes adotados pelos próprios agricultores.

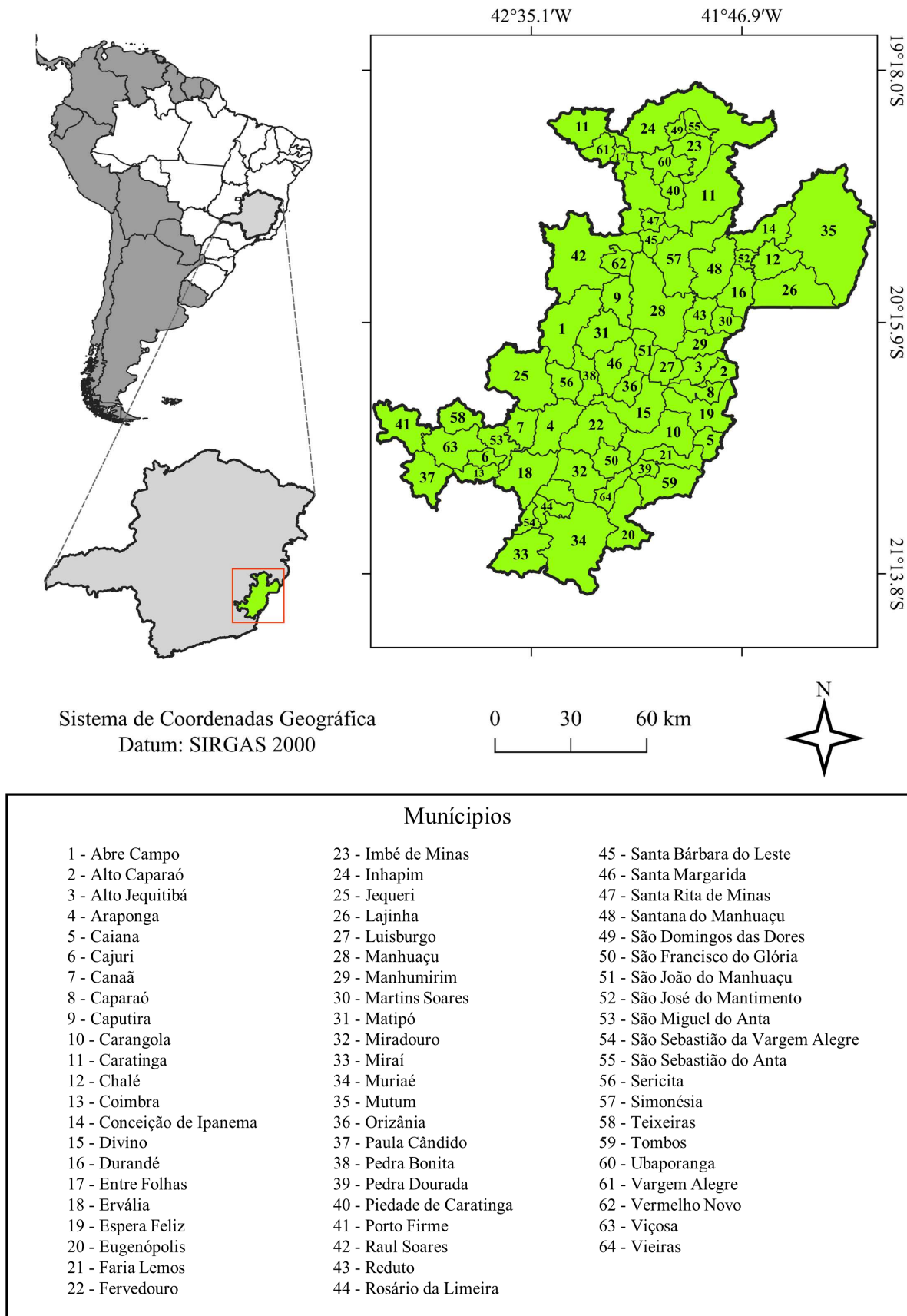
Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi realizar uma caracterização ambiental da região das Matas de Minas, com base nas principais variáveis que influenciam a qualidade sensorial do café e que contribuem para a formação do *terroir*. Adicionalmente, este estudo analisou a distribuição espacial da qualidade na região e a relação entre as variáveis ambientais e a qualidade sensorial dos cafés avaliados durante duas edições do Cupping ATeG Café+Forte.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da diversidade ambiental da região das Matas de Minas**

A caracterização ambiental da região das Matas de Minas foi realizada a partir de dados disponibilizados em plataformas de diversos órgãos de pesquisa governamentais, nacionais e internacionais. A região das Matas de Minas está localizada na parte leste de Minas Gerais, Brasil. O território é delimitado pelos paralelos 19° 21' 0'' a 21° 18' 0'' de latitude sul e 41° 22' 48'' a 43° 10' 48'' de longitude oeste (Figura 1). A região abrange um total de 64 municípios e faz divisa com os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

Figura 1 – Localização da região das Matas de Minas e municípios que a compõe.

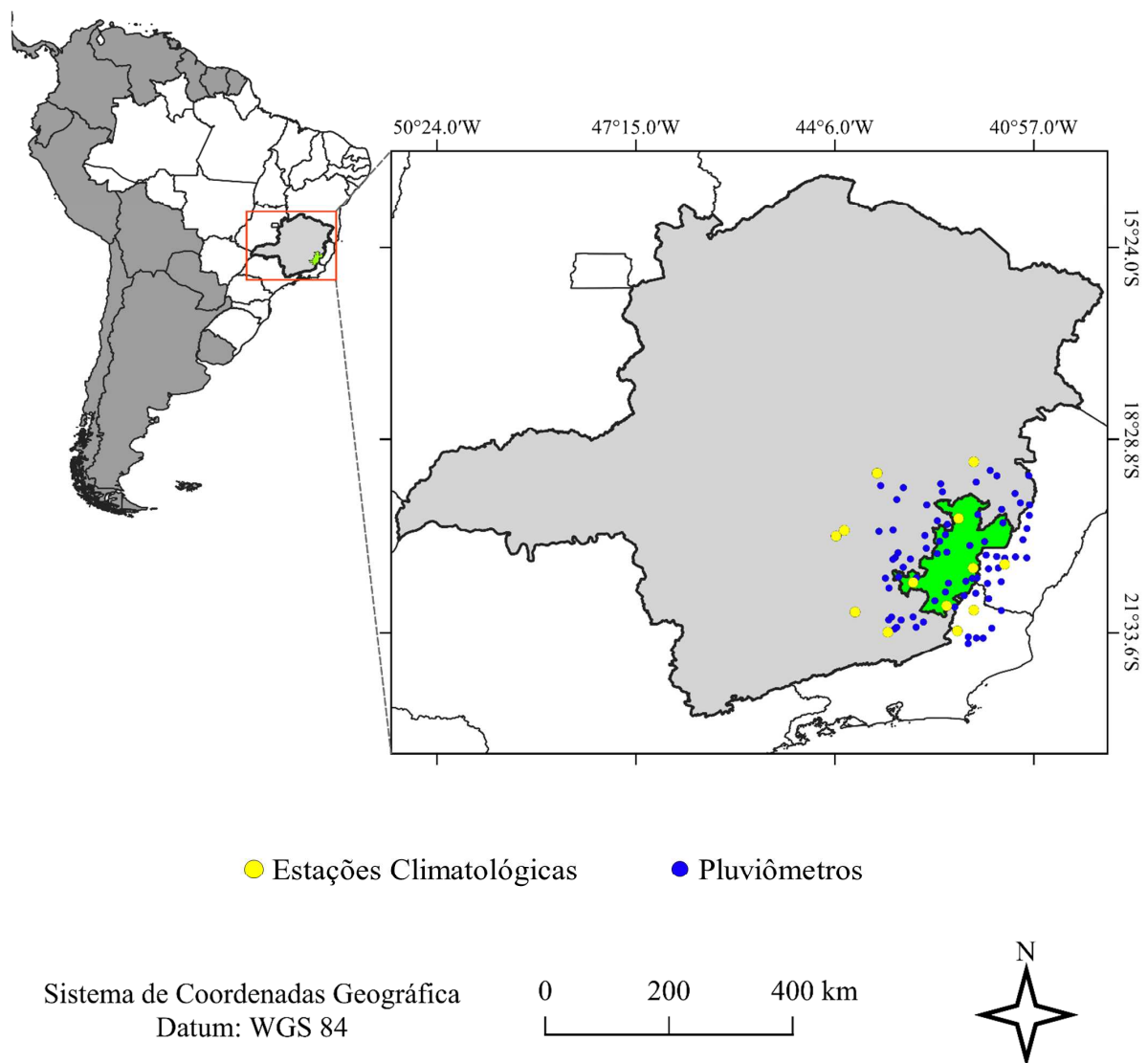


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir da base cartográfica do IBGE, 2021.

### 2.1.1 Temperatura e precipitação

A temperatura média mensal e anual assim como a precipitação acumulada média mensal e anual, foram estimadas a partir de uma série histórica de 30 anos (1990 a 2020), utilizando dados coletados por 13 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e 78 pluviômetros da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), distribuídas dentro e fora do território da região cafeeira. A inclusão das estações e dos pluviômetros localizados fora dos limites da região teve o objetivo de minimizar o efeito de borda no processo de interpolação da precipitação e agregar ao modelo maior correlação entre a temperatura e as variáveis independentes.

Figura 2 –Localização das estações climatológicas e pluviômetros.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa e utilizando a base cartográfica do IBGE, 2021.

Após a aquisição dos dados, realizou-se o processamento e a espacialização em ambiente SIG, de acordo com a metodologia proposta por Santos et al. (2022). A temperatura média do ar foi estimada por meio do ajuste de um modelo de regressão linear múltipla, a partir das médias históricas mensais e anual. Portanto, foram desenvolvidas 12 equações, uma para cada mês do ano, além de uma equação adicional para estimar a temperatura média anual.

O modelo de regressão linear múltipla considerou a relação entre a variável dependente (temperatura) e as variáveis independentes (latitude, longitude e altitude), expressa pela seguinte equação 1:

Equação 1:

$$T_i = \beta_0 + \beta_1 LAT_i + \beta_2 LONG_i + \beta_3 ALT_i$$

Em que:  $T_i$  (°C) é a temperatura média do ar;  $LAT_i$  (graus decimais) é a latitude;  $LONG_i$  (graus decimais) é a longitude;  $ALT_i$  (m) é a altitude acima do nível do mar e  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  são os coeficientes da regressão ajustados. O termo subscrito  $i$  representa a  $i$ -ésima estação meteorológica ( $i = 1, 2, \dots, 13$ ). Para representar o oeste do meridiano de Greenwich e o Hemisfério Sul, o sinal negativo foi atribuído à longitude e à latitude, respectivamente.

A espacialização da precipitação acumulada média mensal e anual foi realizada por meio do método de interpolação por krigagem ordinária, utilizando o modelo esférico. Inicialmente, foi necessário quantificar o grau de dependência espacial dos dados. Para isso, realizou-se o ajuste de um semivariograma experimental estimado pela Equação 2 (Vieira, 2000).

Equação 2:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2$$

Em que:  $\hat{\gamma}(h)$  é a semivariância estimada para uma distância  $h$ ;  $N(h)$  é o número de pares amostrais do atributo  $z$  é a precipitação separada por uma distância  $h$ ;  $x_i$  e  $x_i + h$  são os locais de amostragens separados por uma distância  $h$ ;  $z(x_i)$  e  $z(x_i + h)$  são os valores de precipitação medidos nos locais correspondentes.

Foram ajustados 12 semivariogramas experimentais, um para cada mês do ano, além de um semivariograma adicional para estimar a precipitação acumulada anual a partir do modelo esférico, descrito na Equação 3

Equação 3:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2\left(\frac{h}{a}\right)^3} \right]$$

Em que:  $h$  é a distância máxima em que o semivariograma é definido,  $C_0$  é o efeito pepita (ponto de interseção da curva com o eixo  $y$ );  $C_1$  é o patamar, e  $a$  representa o alcance do semivariograma.

Tanto a interpolação da temperatura média mensal e anual como a precipitação acumulada mensal e anual foram realizadas com resolução espacial de 30 metros.

### 2.1.2 Altitude e relevo

Para a caracterização da altitude e do relevo, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos da América (USGS). O MDE possui uma resolução de 1 arco de segundo, equivalente a aproximadamente 30 metros na área de estudo (MDE SRTM 30 m). Após adquirir as imagens que cobriam toda a região das Matas de Minas, elas foram submetidas a um pré-processamento. As imagens foram adquiridas e pré-processadas em cinco etapas conforme a metodologia proposta por Santos (2020a), (2020b), (2020c), (2020d), (2020e) e (2020f).

Inicialmente, as imagens foram combinadas para formar um único mosaico abrangendo toda a área de interesse. Em seguida, o MDE foi recortado com base nos limites da região das Matas de Minas. Após isso, procedeu-se à correção de valores negativos dentro do MDE, os quais foram substituídos pelo valor 0. Em seguida, os pixels sem dados ("no data") ou com falhas foram preenchidos. Por fim, foi realizada a remoção das depressões espúrias, que são depressões fechadas, as quais interrompem o fluxo natural da rede hidrográfica. Este último passo do pré-processamento tem como objetivo corrigir o MDE, garantindo a integridade e a precisão dos dados topográficos.

Após o pré-processamento do MDE, as isoietas foram geradas para a criação das curvas de nível, com uma diferença de 200 metros de altitude entre elas. As curvas de nível foram extraídas para destacar a caracterização do relevo montanhoso da região.

### 2.1.3 Solo

A caracterização do solo foi conduzida com base em dois atributos de alta relevância na definição do *terroir*: o teor de argila e o conteúdo de água disponível no solo. Esses atributos foram avaliados na camada de 0 a 15 cm de profundidade.

Os dados referentes ao teor de argila do solo e o conteúdo de água disponível no solo, foram disponibilizados pela Embrapa Solos, sendo produzidos por mapeamento digital de solos numa resolução de 90 metros, como parte integrante do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos). A metodologia utilizada nas estimativas e espacialização desses atributos foi descrita por Vasques et al. (2021a) e (2021b).

#### **2.1.4 Diversidade ambiental da região das Matas de Minas**

A partir das coordenadas geográficas e com base nas informações anteriores, foi possível reunir as informações de temperatura média mensal e anual, precipitação acumulada média mensal e anual, altitude, teor de argila e água disponível do solo de 483 propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas, cadastradas no Cupping ATeG Café+Forte, 2022. Essas informações foram utilizadas para realizar uma análise de agrupamento hierárquico, a fim de identificar a semelhança ambiental entre as propriedades cafeeiras e quantificar a diversidade edafoclimática da região.

Nessa análise, foi utilizada a distância euclidiana padronizada média, seguindo o algoritmo de agrupamento UPGMA. A análise foi representada na forma de dendrograma, sendo o ponto de corte obtido pelo critério de Mojena (1997). Além disso, também foi calculado o coeficiente de correlação entre a matriz das distâncias originais e a matriz das distâncias cofenética (coeficiente de correlação cofenética). Em seguida, foi aplicado o teste de randomização de Mantel (1967), baseado em mil permutações de linhas e colunas da matriz cofenética, para testar a hipótese de correlação nula entre a matriz cofenética e a matriz de distância original.

#### **2.1.5 Distribuição espacial do parque cafeeiro e dos remanescentes florestais**

A distribuição espacial do parque cafeeiro e das formações florestais nativas do bioma Mata Atlântica foi elaborada com base nos dados de 2022 da coleção oito dos Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (1985-2022), disponibilizados pelo MapBiomias (2023a).

Neste estudo, foram consideradas apenas as classes 3 e 46, que representam, respectivamente, a “Formação Florestal” e “Café”. A classe “Formação Florestal” no bioma Mata Atlântica identificou áreas com floresta ombrófila densa, aberta e mista, floresta estacional semi-decidual, floresta estacional decidual e formação pioneira arbórea. Por outro

lado, a classe “Café” classificou apenas as áreas cultivadas com a cultura do café (MapBiomass, 2023b).

## **2.2 Avaliação da qualidade sensorial do café**

O estudo foi realizado a partir de dados da qualidade sensorial de café arábica, gerados durante o Cupping ATeG Café+Forte 2022. O Cupping é organizado anualmente pelo Sistema FAEMG/SENAR/INAES/SINDICATOS que une as entidades: Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (FAEMG), a regional de Minas Gerais do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR MINAS), o Instituto Antonio Ernesto de Salvo (INAES) e os Sindicatos dos Produtores Rurais (FAEMG SENAR, 2023a). O Cupping ATeG Café+Forte, recebe amostras de produtores sediados no estado de Minas Gerais e assistidos pelo programa de Assistência Técnica e Gerencial (ATeG). O programa ATeG, por sua vez, é um programa criado pelo SENAR e destinado a pequenos e médios produtores rurais que nunca receberam assistência técnica e gerencial de maneira regular em suas propriedades (FAEMG SENAR, 2023b).

Amostras de café provenientes dos anos correspondentes aos concursos foram divididas em duas categorias com base no método de processamento: “Natural” e “Cereja Descascado” e analisadas conforme a categoria:

- “Natural”, foram incluídos os cafés que passaram pelo processo de secagem sem a remoção da casca.
- “Cereja Descascado”, foram avaliados os cafés que, após passarem pela etapa de limpeza e separação dos frutos secos, foram submetidos a descascadores mecânicos. Estes aparelhos descascam e separam apenas os frutos maduros (cereja), sendo esse procedimento realizado antes da secagem.

O processo de avaliação foi conduzido “às cegas”, com as amostras devidamente codificadas, sendo realizada em duas etapas. Na primeira etapa, realizou-se a avaliação física das amostras, considerando os parâmetros de umidade, cor, tamanho dos grãos e quantidade de defeitos. Essa etapa teve caráter eliminatório sendo desclassificados os cafés com umidade inferior a 10% ou superior a 12%; grãos pequenos, onde o vazamento na peneira 16 foi superior a 5%; classificação quanto ao tipo, maior que tipo 2 (com mais de 4 defeitos) conforme a tabela oficial brasileira de classificação; e amostras com coloração amarelada, esbranquiçada e discrepante.

Na segunda etapa, procedeu-se com a avaliação sensorial da bebida por meio da prova de xícara, sendo esta etapa de caráter classificatório. Nessa etapa, foram avaliados os atributos sensoriais de Fragrância/Aroma, Sabor, Retrogosto (ou Finalização), Corpo, Acidez, Doçura, Ausência de Defeitos (ou Bebida Limpa), Uniformidade, Balanço (ou Equilíbrio) e Geral (ou final). Todos os procedimentos da avaliação sensorial foram realizados por instrutores do SENAR MINAS, profissionais de torra e degustação de café.

Para isso, as amostras de café foram torradas durante 8 a 12 minutos, e mantidas em repouso mínimo de 8 e máximo de 24 horas antes da degustação. Posteriormente, cada amostra foi devidamente pesada, sendo distribuída 8,25 g de café torrado em grãos por xícara com capacidade de 150 ml (proporção café/água 55 g/L  $\pm$  10%). Para cada amostra de café, foram preparadas cinco xícaras de degustação.

As amostras foram moídas e o atributo Fragrância foi avaliado no pó ainda seco, em um período máximo de 15 minutos após a moagem. Em seguida, procedeu-se com a infusão com água quente (entre 92 e 95 °C). Após 4 minutos de infusão, avaliou-se o atributo Aroma durante a quebra da crosta formada na superfície da xícara, seguido pela limpeza da mesma. É importante destacar que, embora avaliados em momentos distintos, Fragrância/Aroma são considerados um único atributo. Após 12 minutos de infusão, o café atingiu uma temperatura agradável para iniciar a degustação, momento em que os demais atributos foram avaliados.

Os atributos Uniformidade, Ausência de Defeitos e Doçura foram avaliados atribuindo-se dois pontos para cada xícara que apresentou normalidade em cada atributo. Os demais atributos foram avaliados conforme sua intensidade, seguindo uma escala de 6 a 10 pontos, com intervalos de 0,25 ponto. A soma das notas desses atributos gerou a Pontuação Total. Caso houvesse defeitos, a pontuação correspondente foi subtraída da Pontuação Total, resultando na Nota Final (ou pontuação final) (SCA, 2023a).

Além disso, os provadores também incluíram comentários detalhados nas fichas de avaliação, destacando os descritores sensoriais e as nuances percebidas em cada café. Esses registros sensoriais foram realizados na tentativa de descrever as Fragrâncias, Aromas, Sabores, complexidade do Corpo, Acidez e Finalização do café. A avaliação dos descritores sensoriais foi conduzida de forma subjetiva, na qual, cada avaliador utilizou suas memórias sensoriais para descrever os cafés, de maneira individualizada. Após a avaliação de todas as amostras, e com base na Nota Final da avaliação sensorial, foi realizado o ranqueamento dos cafés e determinado os ganhadores do Cupping ATeG Café+Forte, em cada edição.

Neste estudo, foram utilizadas as notas médias dos atributos sensoriais Fragrância/Aroma, Sabor, Corpo, Acidez, Retrogosto, Balanço, Geral e Nota Final de todos os

cafés da categoria “Natural” que não foram desclassificados na etapa de avaliação física. Os cafés da categoria “Cereja Descascado” não foram considerados em virtude do baixo número de amostras analisadas.

### **2.3 Distribuição espacial da qualidade**

A distribuição espacial da qualidade sensorial dos cafés produzidos na região das Matas de Minas, avaliadas no Cupping ATeG Café+Forte 2022, foi analisada por meio de mapas de densidade Kernel. A espacialização foi realizada a partir do estimador Kernel Quadrático e com base na localização geográfica (latitude e longitude) das propriedades onde foram produzidas as amostras. A densidade Kernel é calculada com base no número de pontos em um lugar. Grandes números de pontos agrupados resultam em maiores valores, sendo denominados Hotspots.

Para distribuir a qualidade sensorial dos cafés, de forma mais detalhada, os mapas de densidade Kernel foram elaborados considerando classes pré-estabelecidas a partir da nota final atribuída aos cafés. As classes foram definidas da seguinte maneira: nota final = 75 a 79,99; nota final = 80 a 81,99; nota final = 82 a 83,99; nota final = 84 a 85,99; nota final  $\geq$  86 pontos e nota final  $\geq$  80 pontos.

Dessa forma, a primeira classe (nota final = 75 a 79,99) incluiu todos os cafés classificados como não especiais, ou seja, nota inferior a 80 pontos segundo protocolo de avaliação SCA. Por outro lado, a última classe (nota final  $\geq$  80 pontos) abrangeu todos os cafés classificados como especiais. As classes intermediárias representam a diferenciação entre os cafés especiais e permitem uma análise mais abrangente da distribuição espacial da qualidade sensorial na região.

### **2.4 Relação entre ambiente e qualidade**

Para avaliar a relação entre as variáveis ambientais e a qualidade sensorial do café, foram utilizadas a base de dados do Cupping ATeG Café+Forte do ano 2022, e as variáveis ambientais referentes ao ano agrícola daquela safra (ano agrícola 2021/2022). Nesse estudo, considerou-se o início do ano agrícola em setembro de 2021 e o término em agosto de 2022.

Uma nova estimativa e interpolação das variáveis climáticas, temperatura média e precipitação acumulada média, foi realizada com base no período correspondente ao ano

agrícola 2021/2022. Dessa forma, foi possível adquirir os dados climáticos estimados que ocorreram simultaneamente ao período de desenvolvimento dos grãos.

Essas estimativas foram realizadas tomando como base os períodos que correspondem às fases fenológicas do ciclo reprodutivo do cafeeiro. Sendo assim, tanto a temperatura média quanto a precipitação acumulada média foram estimadas para as fases de Chumbinho (setembro e outubro); Expansão (novembro e dezembro); Granação (janeiro, fevereiro e março) e Maturação (abril, maio e junho). Os meses que separam as fases fenológicas foram baseados em estudos realizados por Camargo e Camargo (2001) e Meireles et al. (2009). Adicionalmente, foi realizada a estimativa da temperatura média e precipitação acumulada referente ao ano agrícola (2021/2022). As demais variáveis ambientais inerentes ao relevo, à localização e ao solo independem das fases fenológicas, pois não possuem variação sazonal.

A partir das coordenadas geográficas e com base nas novas estimativas, foram coletados os dados ambientais de 483 propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas cadastradas no Cupping ATeG Café+Forte 2022. De posse dos dados ambientais, foi realizado um teste de correlação entre variáveis por meio do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e uma análise de componentes principais utilizando a matriz de correlação padronizada. Essas análises foram realizadas a fim de observar e quantificar a relação entre as variáveis ambientais e a qualidade sensorial do café. Os procedimentos estatísticos e geostatísticos foram realizados com o auxílio dos softwares R (R Core Team, 2019) e QGIS (QGIS, 2024).

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Caracterização da diversidade ambiental da região das Matas de Minas**

##### **3.1.1 Temperatura e precipitação**

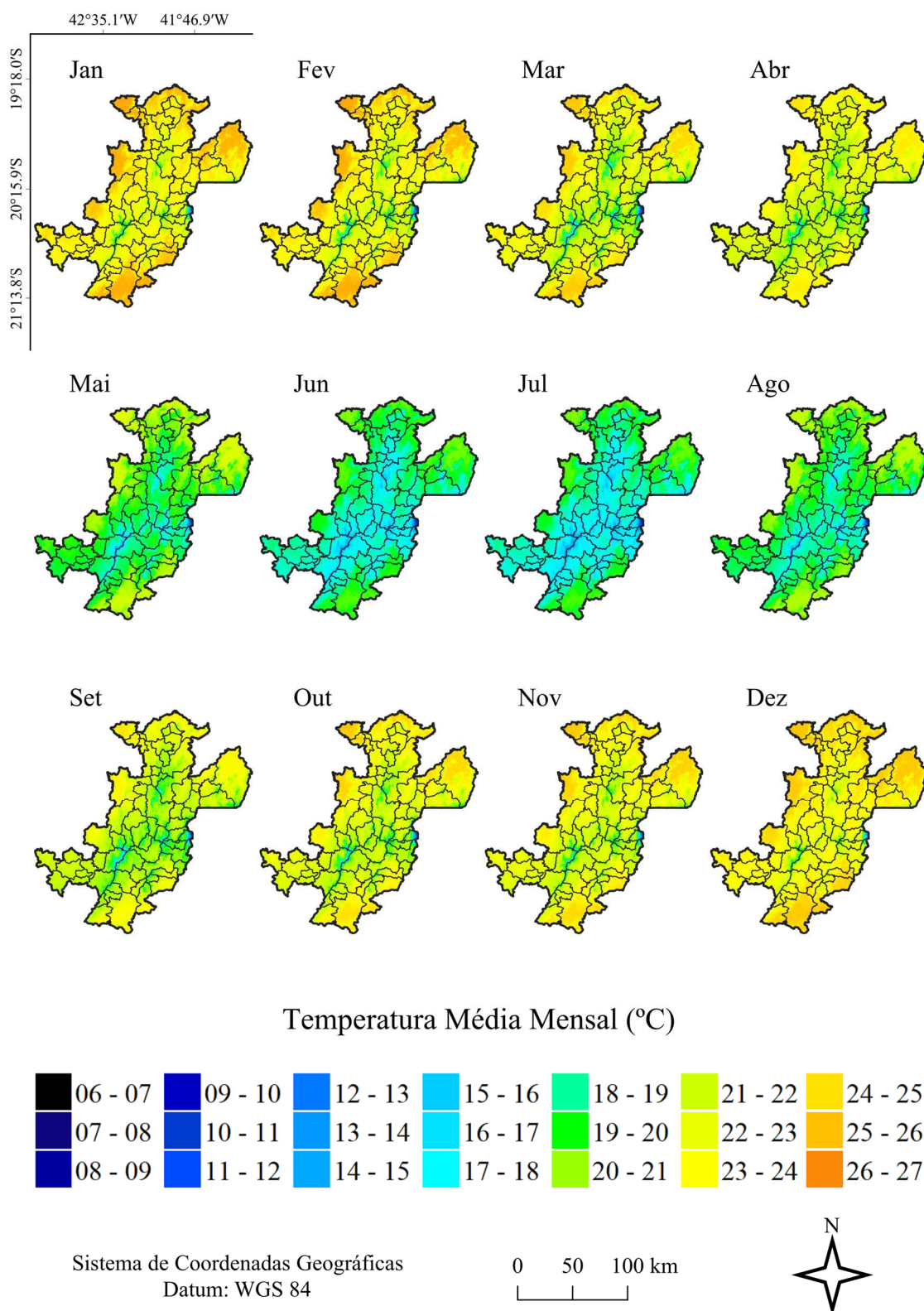
A variação espacial e sazonal da temperatura média mensal na região das Matas de Minas é apresentada na Figura 3. As áreas centrais da região apresentam temperaturas mais baixas em comparação às áreas periféricas. Os municípios de Vargem Alegre, Raul Soares, Inhapim, Entre Folhas, Conceição de Ipanema, Tombos, Mutum, São José do Mantimento, Miraí, Muriaé, Eugenópolis, Jequeri e Porto Firme se destacam com as médias mais elevadas. As temperaturas médias mensais desses municípios variam entre 22 e 23 °C em janeiro e 18 e 19 °C em julho. Por outro lado, as médias mais baixas foram encontradas no Parque Estadual da Serra dos Brigadeiros, localizado na divisa entre os municípios de Ervália, Miradouro,

Araponga, Fervedouro, Sericita, Pedra Bonita e Divino, onde a temperatura média nesses locais podem chegar a 15 °C em janeiro e 11,5 °C em julho. Também merece destaque o lado Mineiro do Parque Nacional do Caparaó, que abrange os municípios de Alto Caparaó, Caparaó, Alto Jequitibá e Espera Feliz, apresentando temperaturas médias mais baixas. Nessas áreas, as temperaturas médias mensais podem chegar a 9,8 °C em janeiro e 7,5 °C em julho.

As estações quente e fria são bem definidas na região das Matas de Minas. O primeiro e o último trimestre do ano caracterizam o período mais quente (de outubro a março). Nesse período, a temperatura média mensal da região ultrapassa os 23 °C em dezembro e janeiro. Durante o segundo trimestre (abril a julho), há uma redução progressiva na temperatura média, sendo junho e julho os meses mais frios, onde a temperatura média mensal da região é de 17,97 e 17,73 °C, respectivamente.

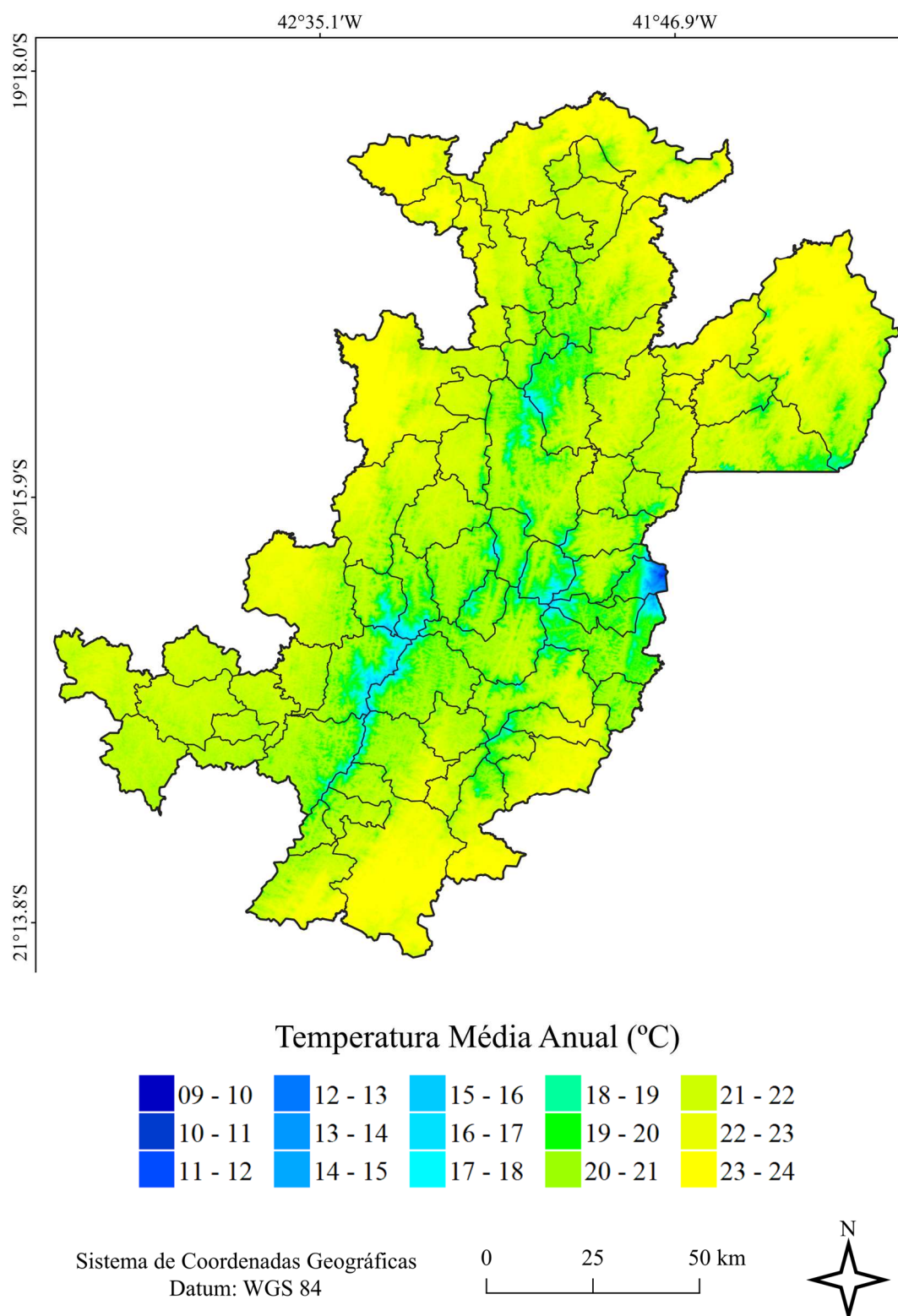
A temperatura média anual da região é de 21 °C (Figura 4), e segue o mesmo padrão de distribuição espacial, sendo que nas áreas centrais ocorrem as temperaturas mais baixas (chegando a 9 °C) e nas áreas periféricas as temperaturas médias mais elevadas (podendo chegar a 24 °C).

Figura 3 – Distribuição espacial da temperatura média mensal na região das Matas de Minas, estimada por meio de regressão linear múltipla, a partir da série histórica de 30 anos (1990 a 2020) de 13 estações meteorológicas.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 4 – Distribuição espacial da temperatura média anual na região das Matas de Minas, estimada por meio de regressão linear múltipla, a partir da série histórica de 30 anos (1990 a 2020) de 13 estações meteorológicas.



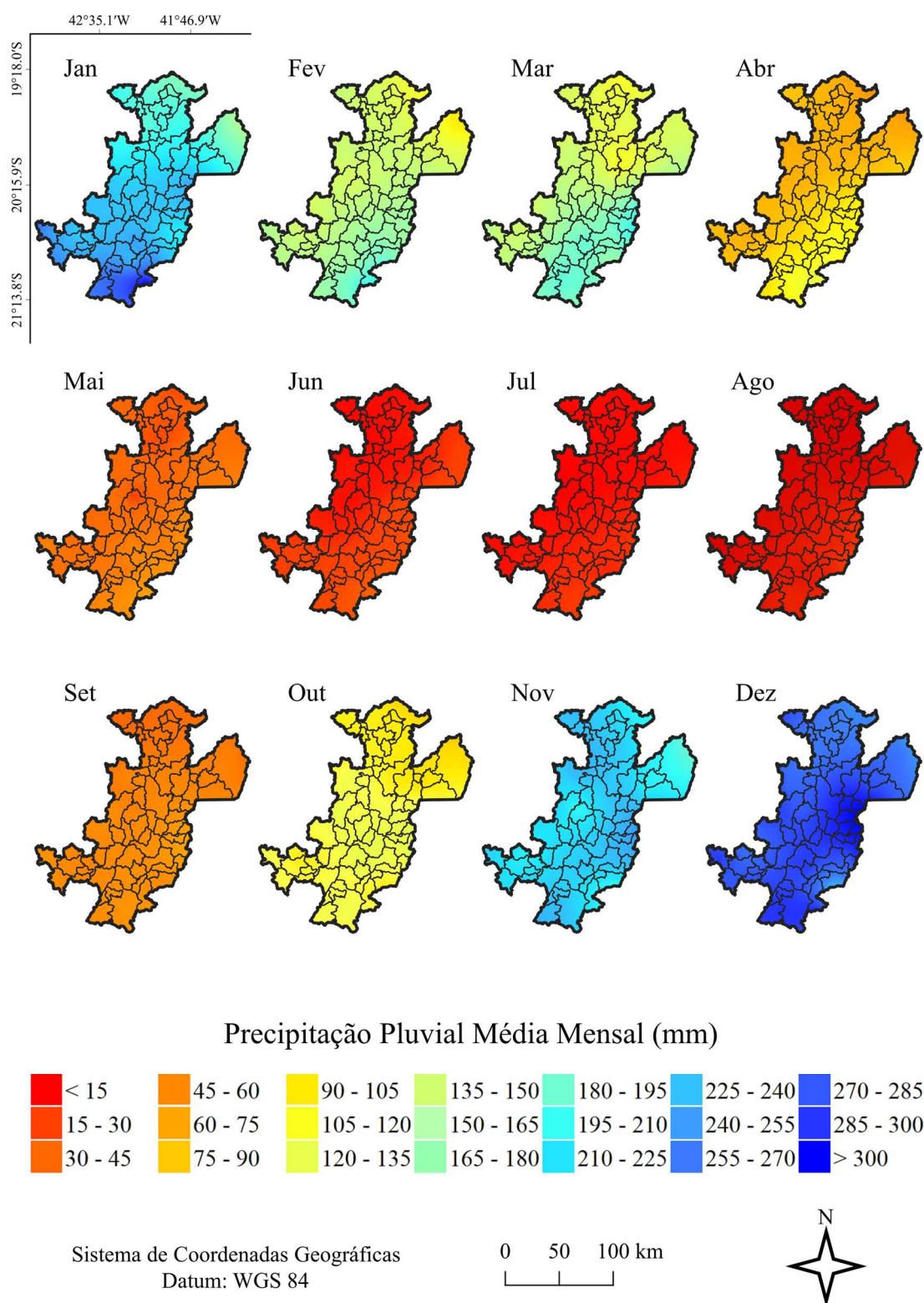
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

A variação espacial e sazonal da precipitação acumulada média mensal na região das Matas de Minas pode ser observada na Figura 5. As estações seca e chuvosa são bem definidas na região. A estação chuvosa tem início em meados de outubro e se estende até meados de abril, enquanto a estação seca inicia em meados de abril e finaliza em até meados de outubro. Durante a estação chuvosa, dezembro é o mês mais úmido, com precipitação média acumulada na região de 271 mm, contudo, em algumas áreas, a precipitação pode chegar a 313 mm. Os meses de novembro e janeiro também se destacam, com precipitação média na região de 215 mm. Nos meses de fevereiro e março, a precipitação média na região é de aproximadamente 145 mm mensais.

Na estação seca, os meses de junho, julho e agosto são mais áridos, onde a precipitação média na região fica abaixo de 15 mm mensais. Em maio e setembro, os valores médios de precipitação acumulada ficam próximos aos 45 mm mensais. Abril e outubro apresentam médias intermediárias de precipitação, 76 e 102 mm, respectivamente (Figura 5).

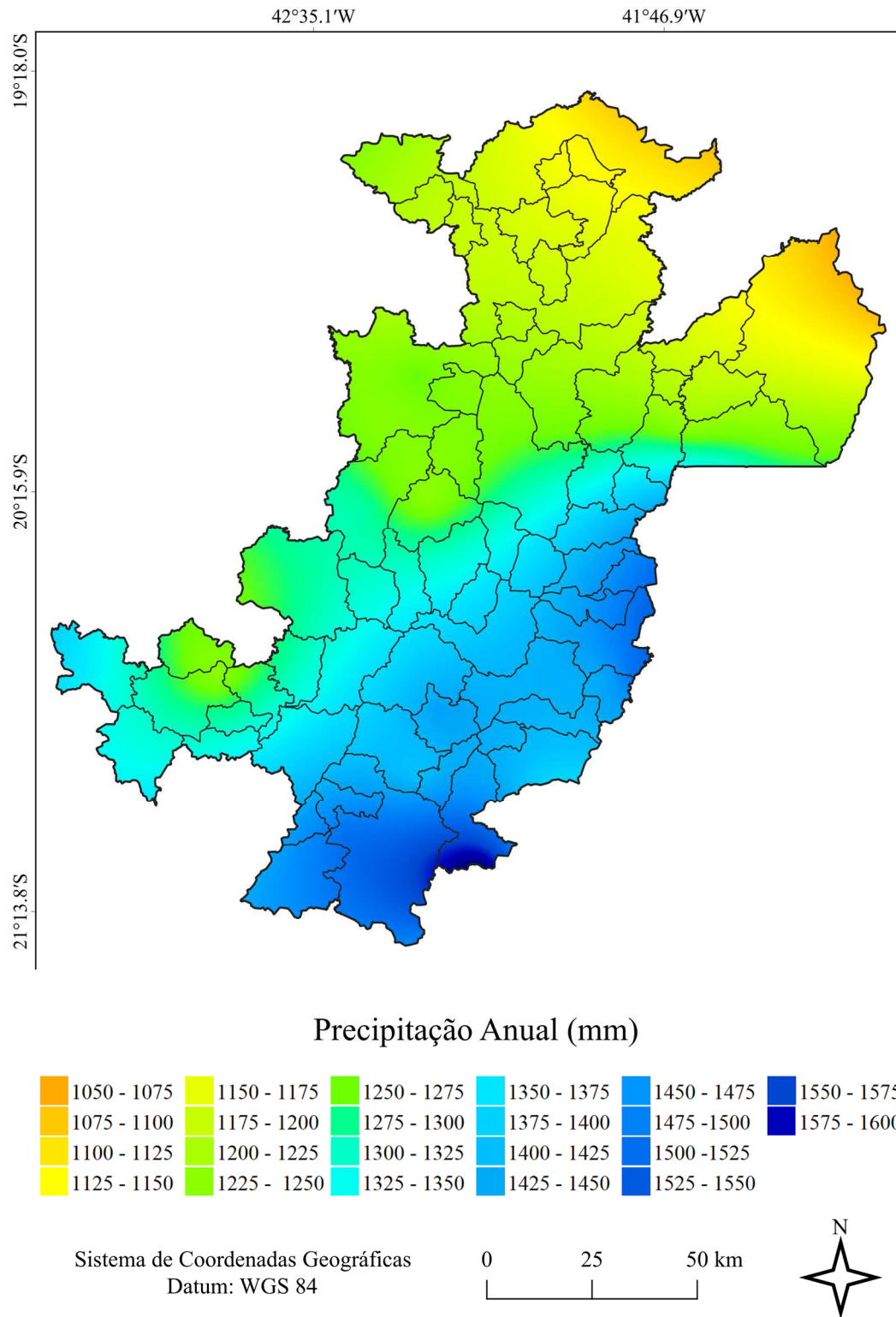
A variação espacial da precipitação é mais notória ao observar a média de precipitação acumulada anual (Figura 6). A parte Sul da região é mais chuvosa em comparação com a parte Norte. Os municípios de Inhapim e Mutum, no Norte da região, registram as menores médias anuais de precipitação, variando de 1050 a 1225 mm. Por outro lado, os municípios de Eugenópolis e Muriaé, no Sul, e Espera Feliz, Caparaó e Alto Caparaó, no Leste, apresentam as maiores médias de precipitação, variando de 1450 a 1600 mm anuais. A precipitação acumulada média anual da região é de 1288 mm.

Figura 5 – Distribuição espacial da precipitação acumulada média mensal na região das Matas de Minas, estimada por meio de Krigagem Ordinária (modelo esférico), a partir da série histórica de 30 anos (1990 a 2020) de 78 Pluviômetros.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 6 – Distribuição espacial da precipitação acumulada média anual na região das Matas de Minas, estimada por meio de Krigagem Ordinária (modelo esférico), a partir da série histórica de 30 anos (1990 a 2020), de 78 Pluviômetros.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

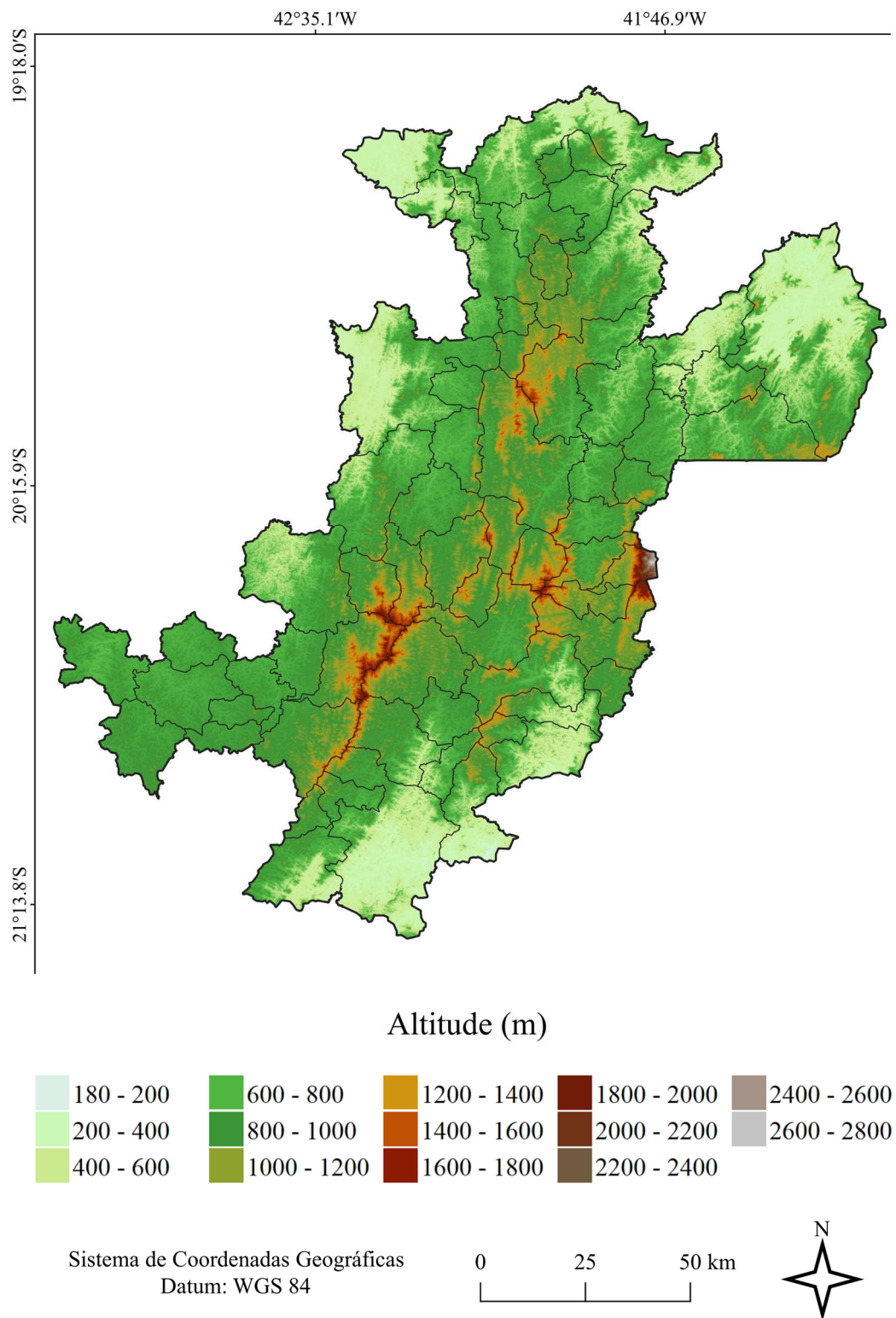
### 3.1.2 Altitude e relevo

A altitude média da região das Matas de Minas é de aproximadamente 700 metros, contudo, a região apresenta uma amplitude de variação de 2652 metros (Figura 7). As áreas centrais possuem altitudes mais elevadas do que as áreas periféricas. Os municípios de Muriaé, Eugenópolis, Miradouro, Tombos, Faria Lemos e Carangola ao Sul, Jequeri, Raul Soares, Caratinga, Vargem Alegre, Inhapim, Conceição do Ipanema, Mutum, São José do Mantimento e Chalé, na parte Norte, são onde localizam as áreas com as menores altitudes.

Por outro lado, os locais de maiores altitudes localizam-se nas cadeias montanhosas do Parque Nacional do Caparaó e do Parque Estadual da Serra dos Brigadeiros. Além dos municípios que abrangem essas duas principais cadeias montanhosas de maior altitude, também é válido citar as cadeias de montanhas que ocorrem entre os municípios de Espera Feliz, Caparaó, Divino, Alto Jequitibá, Luisburgo, São João do Manhuaçu, Santa Margarida, no Centro, e as cadeias de montanhas que ocorrem entre municípios de Manhuaçu e Simonésia no Norte da região. Nessas áreas da região, a altitude pode chegar a 1800 metros (Figura 7).

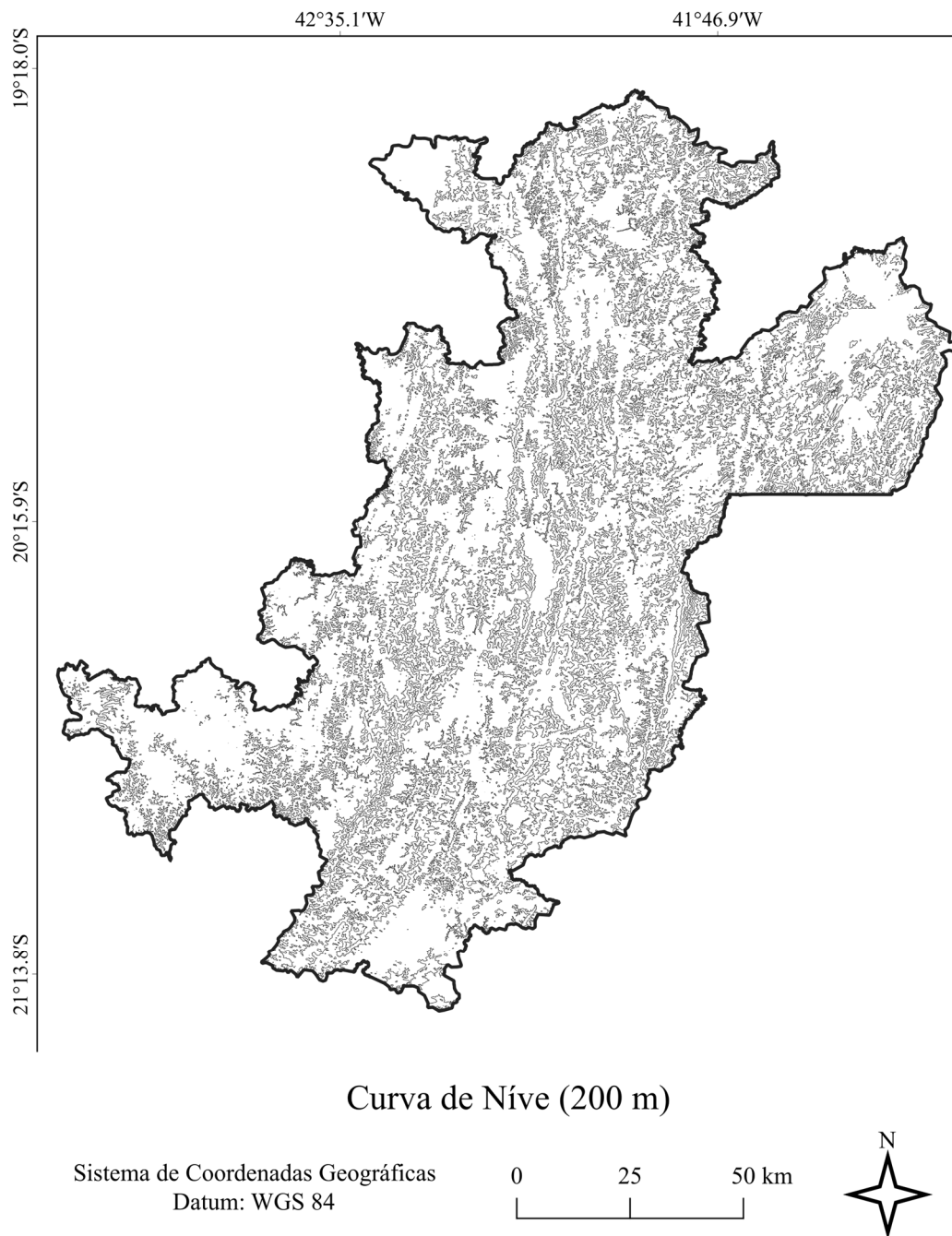
O mapa de Curvas de nível, derivado do modelo digital de elevação, oferece uma representação mais detalhada da topografia da região das Matas de Minas (Figura 8). As linhas traçadas no mapa conectam as áreas de mesma altitude na região, traçadas numa amplitude de variação de 200 m de altitude. A distribuição e a densidade das curvas nível destaca a complexidade do relevo montanhoso da região das Matas de Minas e indicam uma notável variação na altitude em uma curta distância espacial.

Figura 7 – Altitude da região das Matas de Minas.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 8 – Curvas de nível com intervalo de variação de 200 metros de altitude, derivada do Modelo Digital de Elevação da região das Matas de Minas.



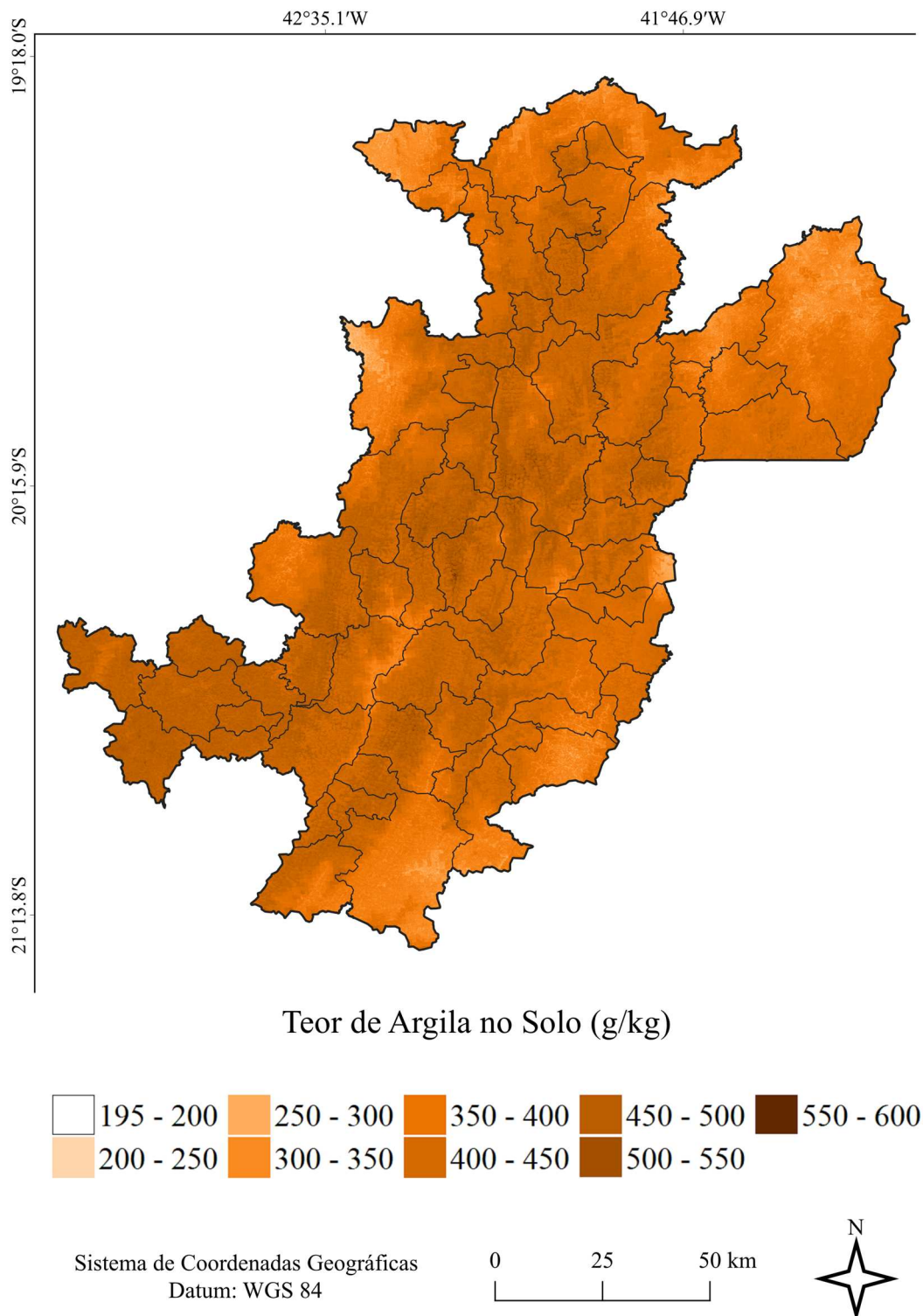
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

### 3.1.3 Solo

A distribuição espacial do teor de argila e da água disponível no solo na camada de 0 a 15 cm de profundidade na região das Matas de Minas é observada nas Figuras 9 e 10, respectivamente. As áreas com os menores teores de argila, destacadas no mapa em cores claras, incluem os municípios de Mutum, Conceição de Ipanema, Tombos, Vargem Alegre, Inhapim, Alto Caparaó, Muriaé e São José do Mantimento, com teor de argila médio do município inferior a 355 g/kg. As áreas com maiores teores médios de argila, destacadas em cores escuras, englobam os municípios de Cajuri, Viçosa, Teixeira, Matipó e Paula Cândido, com valores superiores a 440 g/kg. O teor de argila médio da região foi de 391 g/kg (Figura 9).

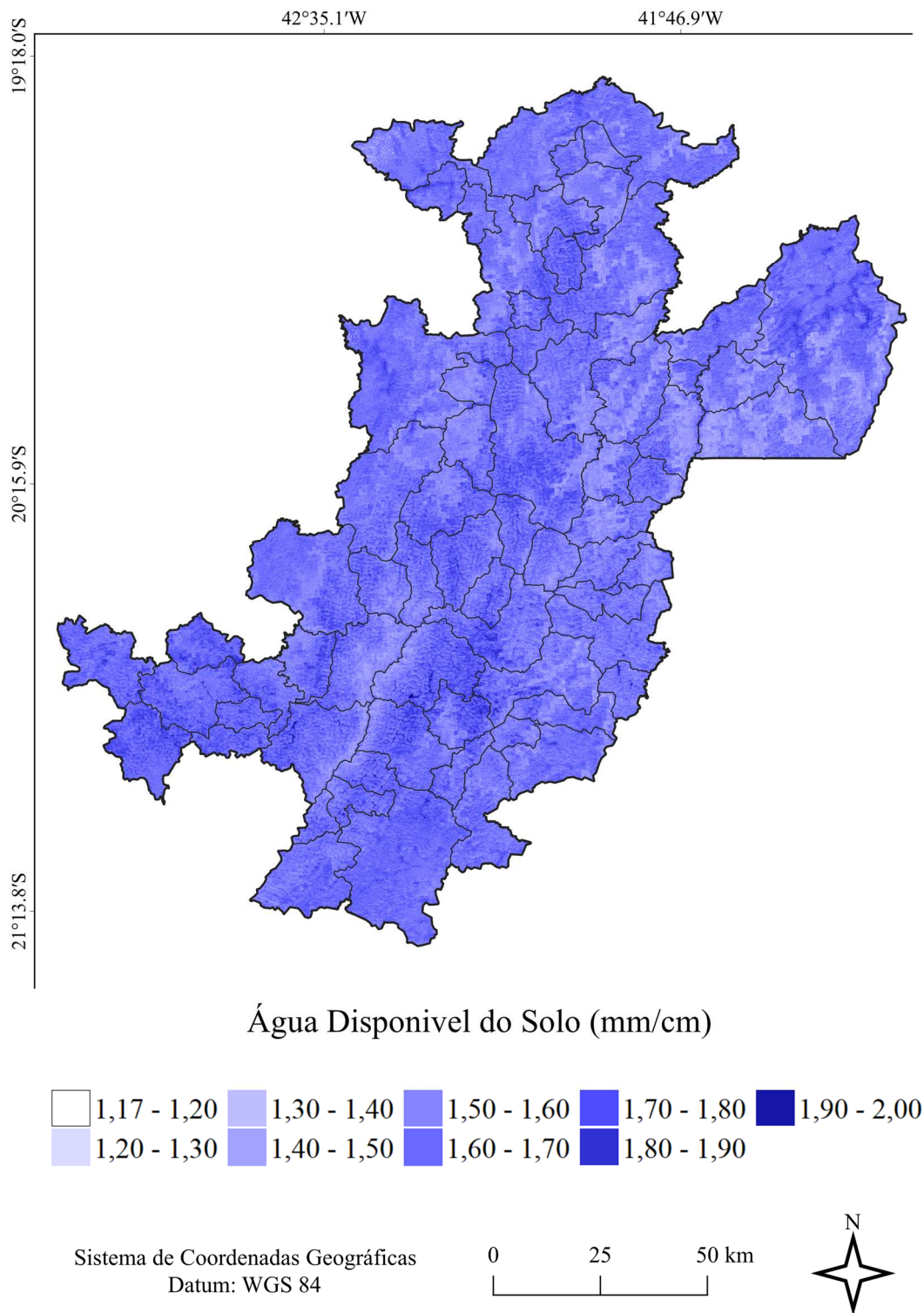
Com relação ao conteúdo de água disponível do solo, os municípios com os menores valores médios foram: Lajinha, Durandé, Reduto, Manhumirim, Vermelho Novo, Santana do Manhuaçu e Chalé, com valores médios variando de 1,49 a 1,52 mm/cm. Por outro lado, os municípios de Porto Firme, Viçosa, São Francisco do Glória, Cajuri, Piedade da Caratinga, Coimbra, Teixeira e Paula Cândido apresentaram os maiores valores médios de água disponível do solo, com valores superiores a 1,60 mm/cm. O volume médio de água disponível do solo na região foi de 1,56 mm/cm (Figura 10).

Figura 9 – Teor de argila do solo na camada de 0 a 15 centímetros de profundidade, da região das Matas de Minas.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 10 – Água disponível do solo na camada de 0 a 15 centímetros de profundidade, da região das Matas de Minas.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

### 3.1.4 Diversidade ambiental da região das Matas de Minas.

A fim de explorar a diversidade ambiental da região, foi aplicada uma análise de agrupamento hierárquico com base nas variáveis ambientais de 483 propriedades cafeeiras (Figura 11). A consistência do agrupamento foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenética que quantifica a semelhança entre as distâncias originais e as distâncias representadas no dendrograma (Manly, 2008). Além disso, a significância estatística da correlação foi testada pelo teste de aleatorização de Mantel (1967) (Tabela 1).

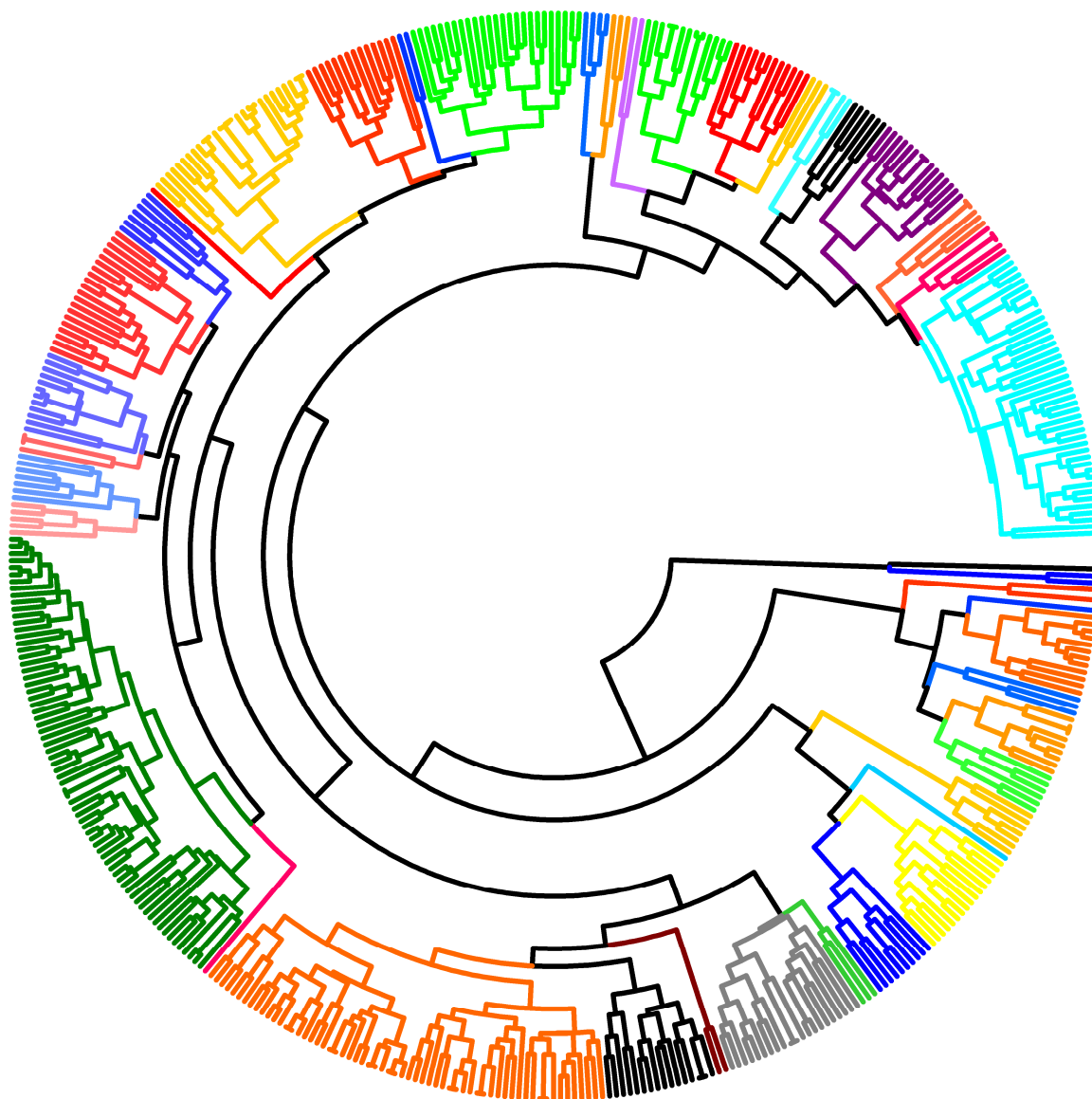
Tabela 1 – Parâmetros indicativos da consistência da análise de agrupamentos

<b>Parâmetros</b>	
<b>Correlação Cofenética (r)</b>	0,70
<b>Teste Mantel</b>	0,001**
<b>Ponto de Corte</b>	0,665

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Mantel. Ponto de Corte: critério de Mojena (1977).  
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Os resultados indicaram que a estrutura hierárquica obtida no dendrograma (Figura 11), a partir da análise de agrupamento dos ambientes gerado pela combinação das variáveis atmosférica temperatura média mensal e anual, precipitação acumulada média mensal e anual, altitude, teor de argila do solo e água disponível do solo, foram bem representativas, explicando 70% das dissimilaridades originais (Tabela 1). Foram identificados 42 grupos entre os ambientes, indicando um enorme grau de complexidade e diversidade ambiental entre as propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas. Vale ressaltar que propriedades de um mesmo grupo, não necessariamente estão próximas geograficamente.

Figura 11 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método UPGMA) das variáveis ambientais de 483 propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas.



Análise realizada a partir da matriz de dissimilaridade da distância Euclidiana Padronizada Média. Ponto de corte calculado pelo critério de Mojena (1977).  
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

### 3.1.5 Distribuição espacial do parque cafeeiro e dos remanescentes florestais.

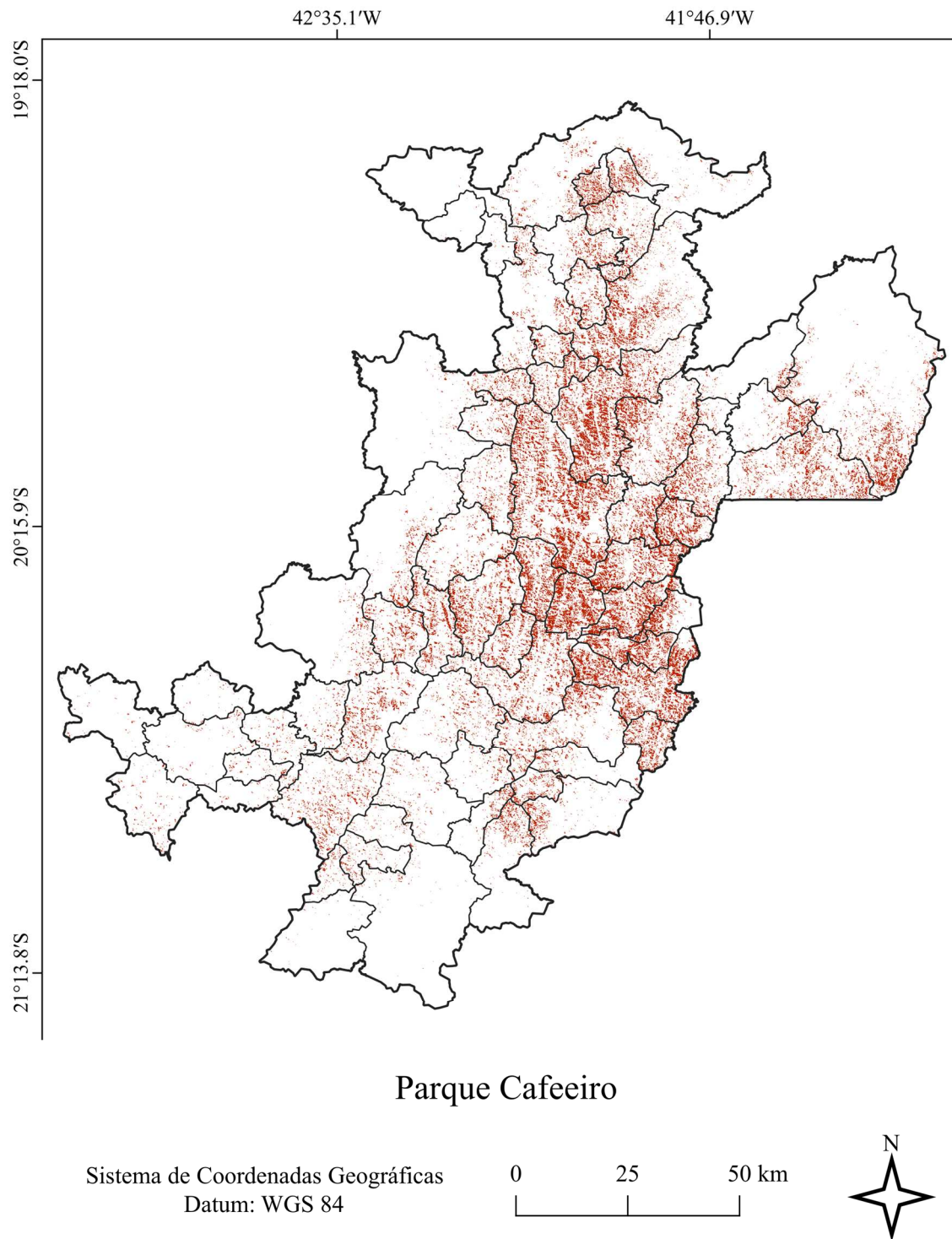
O parque cafeeiro da região das Matas de Minas está distribuído em todos os municípios da região, contudo, concentra-se principalmente no Centro e Centro-Norte (Figura 12). A atividade agrícola ocupa cerca de 10% do total do território, com área estimada em 1641,52 km<sup>2</sup>. Os municípios de Caiana, Espera Feliz, Caparaó, Alto Jequitibá, Luisburgo, Orizânia, Manhuaçu, Manhumirim, Reduto, Martins Soares, Simonésia, São Domingo das Dores e Santa

Bárbara do Leste são os que apresentam maior densidade de plantio dentro de seus territórios, indicando maior importância econômica da cultura nesses locais.

Por outro lado, a cafeicultura parece possuir menor importância econômica em municípios como Míriá, Muriaé, Viçosa, Coimbra, Porto Firme, Teixeira, Raul Soares, Vargem Alegre e Conceição de Ipanema, visto que são as áreas com menor densidade de cultivo segundo a classificação de cobertura e uso da terra do MapBiomias (2023b) (Figura 12).

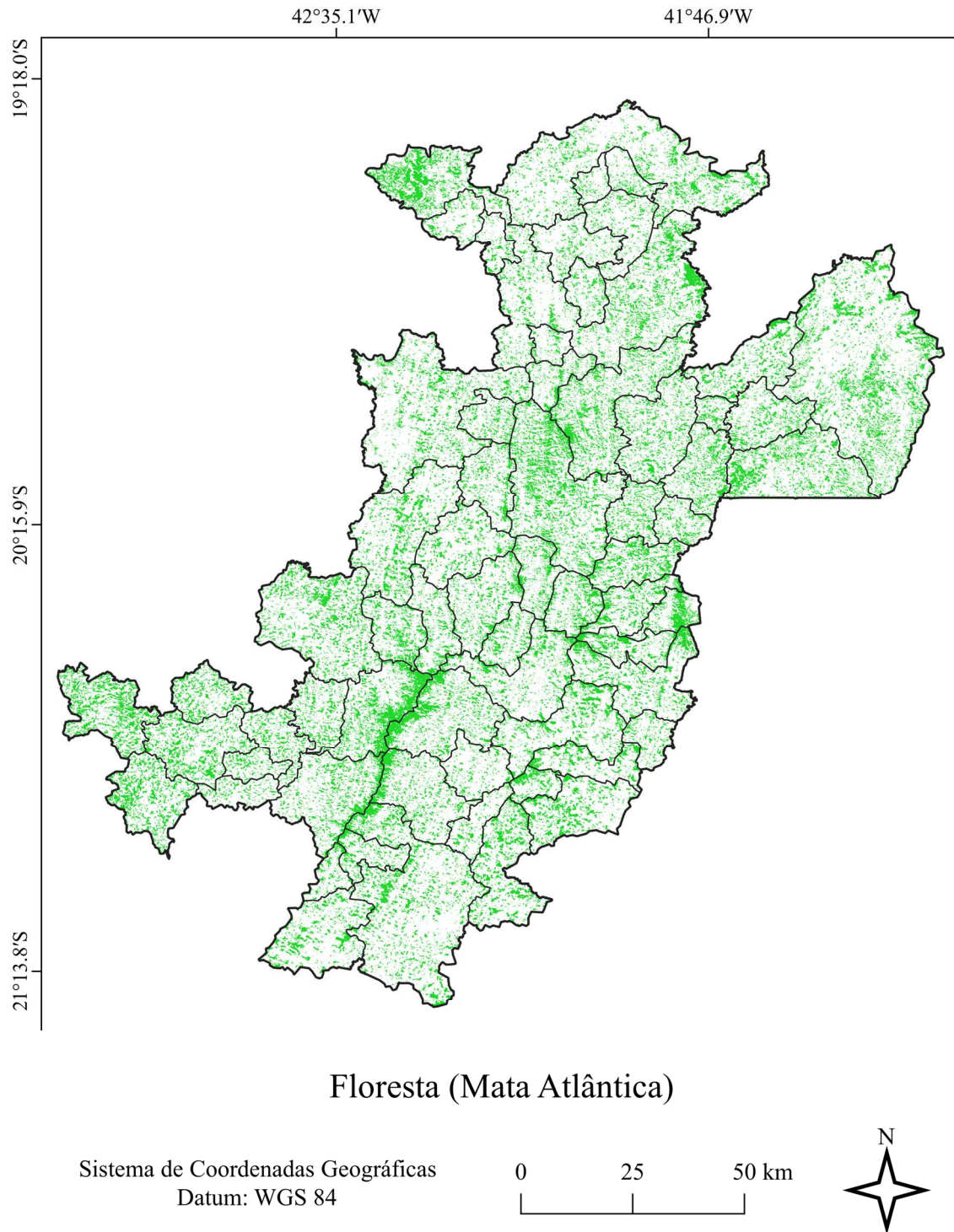
A região das Matas de Minas possui remanescentes florestais distribuídos em todo seu território (Figura 13). Os dados apontam que cerca de 21% da área da região é coberta por formações florestais nativas, equivalendo a 3821,91 km<sup>2</sup>. Os maiores remanescentes florestais localizam-se no Parque Estadual da Serra dos Brigadeiros, que se estende por oito municípios no Sul, e no Parque Nacional do Caparaó, no Leste da região. Também é válido destacar municípios como Espera Feliz, Caparaó, Alto Jequitibá, Luisburgo, Orizânia, Manhuaçu, Manhumirim, Reduto, Martins Soares e Simonésia, que além de serem grandes produtores de café, também se destacam com grande densidade de remanescentes de florestais nativos (Figura 13).

Figura 12 – Distribuição do parque cafeeiro da região das Matas de Minas.



Áreas destacadas em vermelho indicam áreas ocupadas por lavouras café.  
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 13 – Distribuição dos remanescentes florestais nativos do bioma Mata Atlântica na região das Matas de Minas.



Áreas destacadas em verde indicam áreas ocupadas pelos remanescentes florestais.  
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

### 3.3 Distribuição espacial da qualidade

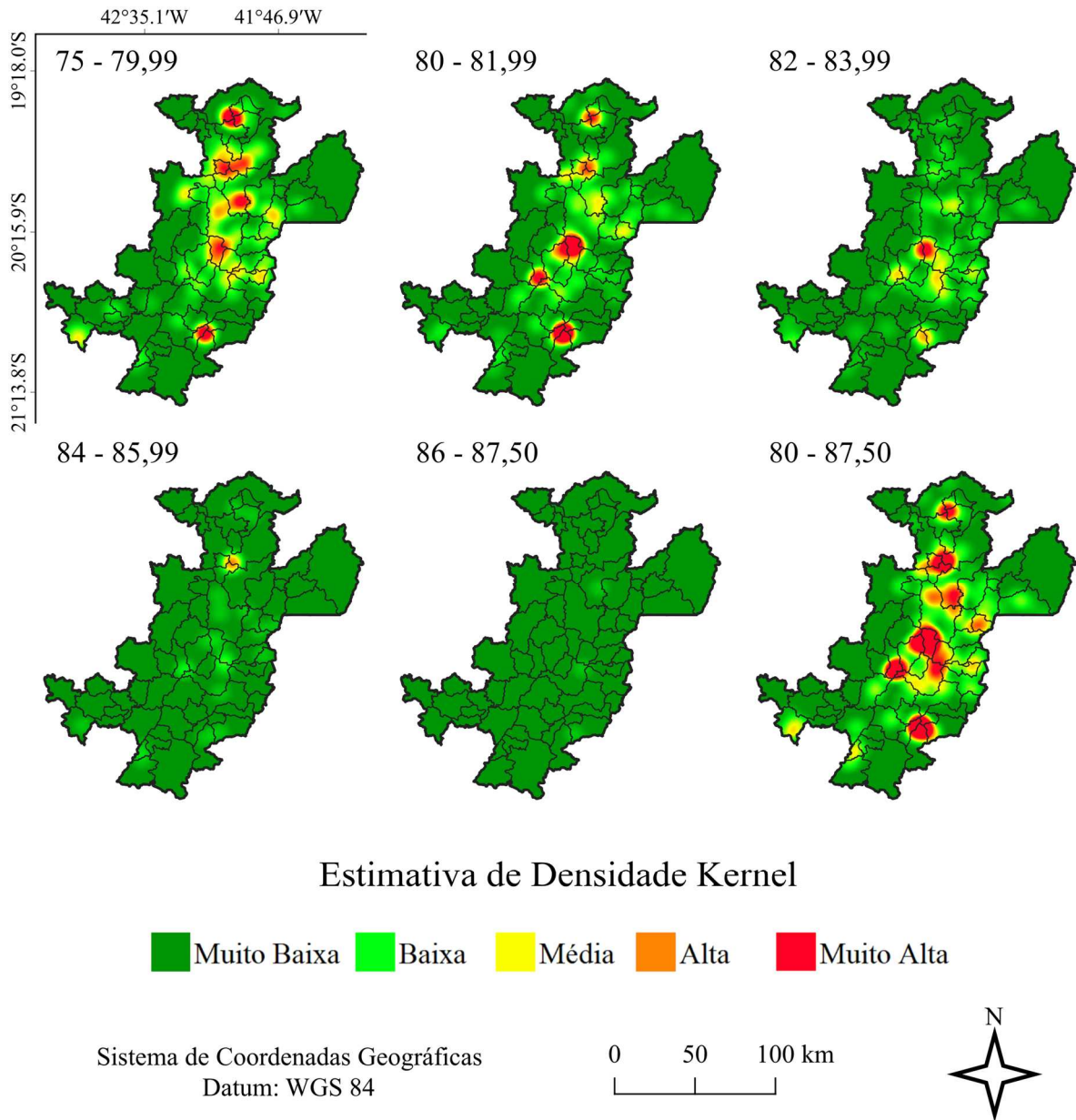
A distribuição espacial da qualidade dos cafés produzidos na região das Matas de Minas e avaliadas no Cupping ATeG Café+Forte 2022 foi estudada por meio da Estimativa de Densidade Kernel, apresentada nos mapas da Figura 14. As estimativas de densidade foram realizadas para cafés de diferentes classes de qualidade, estratificadas com base na nota final das amostras.

Nessa análise, as áreas nos mapas foram demarcadas com diferentes cores. O vermelho indica concentração muito alta de amostras de café naquela área, sendo denominadas hot points. As cores laranja, amarelo, verde-claro e verde-escuro indicam áreas onde a concentração de amostras de café foi alta, média, baixa e muito baixa, respectivamente.

Os cafés considerados especiais, ou seja, aqueles com nota final igual ou maior a 80 pontos, segundo protocolo de avaliação da SCA, foram mais abundantes do que os cafés não especiais (nota final inferior a 80 pontos). Além disso, houve redução da densidade de cafés especiais à medida que aumentou o padrão de qualidade, indicando maior número de amostras de café especial nas faixas de pontuação mais baixas (80 a 81,99) (Figura 14).

Em relação à distribuição espacial da qualidade, foram identificados sete hot points de cafés especiais (nota final entre 80 a 87,5 pontos), ocupando uma área consideravelmente grande na região, merecendo destaque os municípios de Araponga, Fervedouro, Vieiras, São Francisco do Glória, Eugenópolis, Pedra Dourada, Tombos, Divino, Espera Feliz, Caparaó, Alto Jequitibá, Luisburgo, Manhuaçu, São João do Manhuaçu, Orizânia, Pedra Bonita, Martins Soares, Simonésia, Santa Bárbara do Leste, Santa Rita de Minas, Caratinga, Ubaporanga, Imbé de Minas, São Sebastião do Anta, São Domingo das Dores e Inhapim.

Figura 14 – Distribuição espacial da qualidade dos cafés produzidos na região das Matas de Minas com base na Estimativa de Densidade Kernel dos cafés analisadas no Cupping ATeG Café+Forte 2022.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

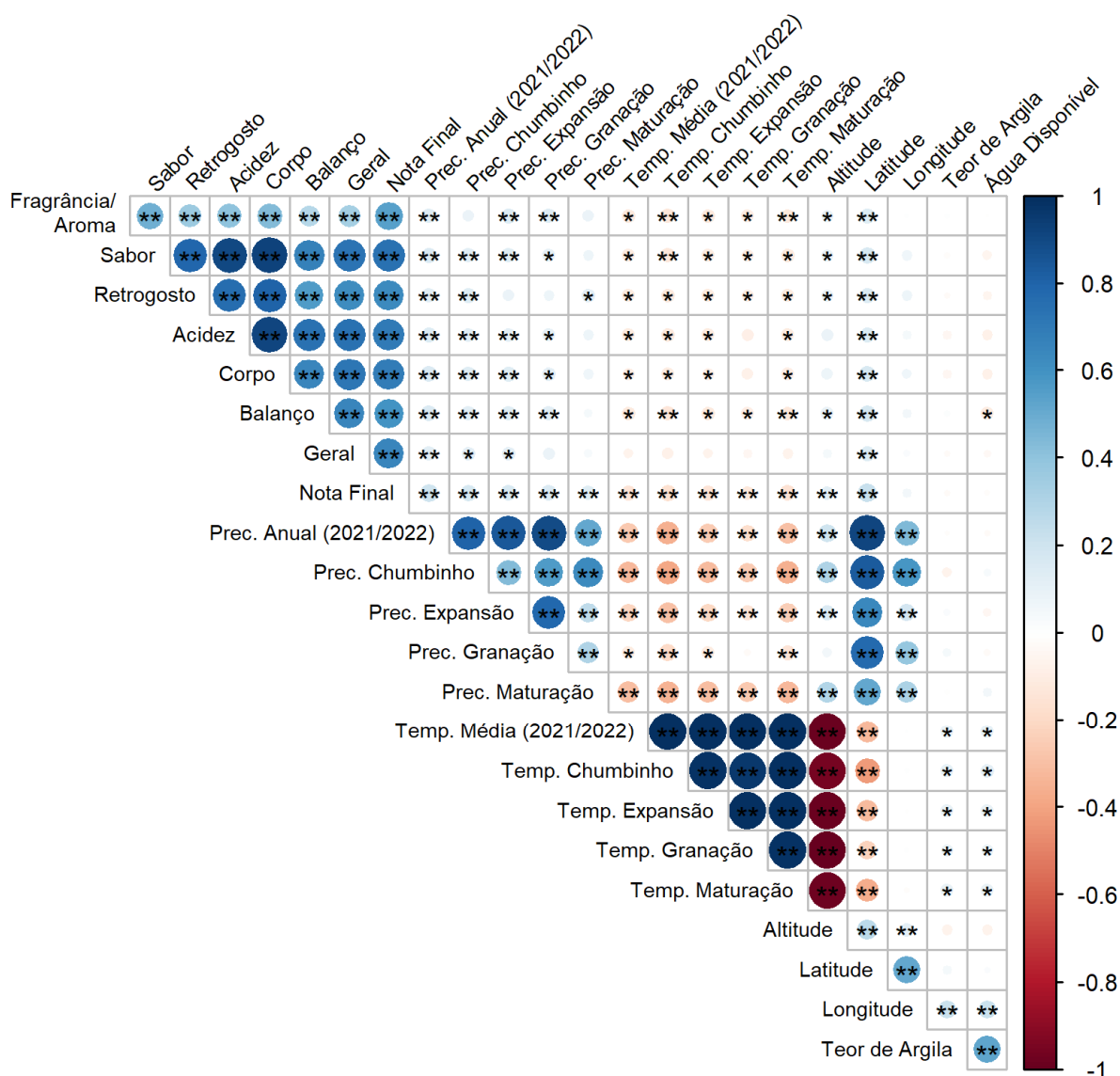
### 3.4 Relação entre ambiente e qualidade

A relação entre as variáveis ambientais e a qualidade sensorial do café foi estudada por meio de uma matriz de correlação de Pearson (Figura 15) e por uma análise de componentes principais (Figura 16). As variáveis ambientais avaliadas nessas análises, incluíram a temperatura média do ar (Temp.) e a precipitação acumulada média (Prec.) durante os períodos que correspondem as fases fenológicas do desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro (Chumbinho, Expansão, Granação e Maturação), e do ano agrícola 2021/2022. Além dessas, também foram consideradas as variáveis de latitude, longitude, altitude, teor de argila do solo e água disponível do solo. As variáveis de qualidade sensorial do café, incluíram a Fragrância/Aroma, Sabor, Retrogosto, Acidez, Corpo, Balaço, Geral e Nota Final. Tanto as variáveis ambientais de temperatura e precipitação como as variáveis de qualidade sensorial referem-se ao ano agrícola 2021/2022.

Todas as variáveis de qualidade sensorial apresentaram correlação positiva e significativa entre si, variando de  $r = 0,44$  (fragrância/aroma x corpo) e  $r = 0,92$  (sabor x corpo). A temperatura se correlacionou negativamente com a qualidade sensorial do café durante todas as fases fenológicas estudadas, indicando ser prejudicial à qualidade do café durante todo o ano agrícola. A correlação entre a temperatura e a nota final do café variou de  $r = -0,14$  durante a fase granação, a  $r = -0,16$  durante a fase de chumbinho. Por outro lado, a precipitação (em todas as fases fenológicas), a altitude e a latitude se correlacionaram positivamente com a nota final, variando de  $r = 0,12$  (altitude x nota final) a  $r = 0,22$  (latitude x nota final). Vale destacar que todas as correlações mencionadas anteriormente, entre o ambiente e a qualidade, foram significativas, contudo, de baixa magnitude. As demais variáveis ambientais, longitude, teor de argila e água disponível no solo, não apresentaram correlação significativa com a qualidade do café nesse estudo (Figura 16).

Na análise de componentes principais (Figura 16), foram consideradas apenas as variáveis ambientais que apresentaram correlação significativa com a nota final do café pela análise anterior (Figura 15). Nessa análise, a primeira componente principal explicou 37,5% da variabilidade dos dados, enquanto a segunda componente contribuiu com 25,6% da explicação. As duas primeiras componentes principais explicaram juntas mais de 63,2% da variabilidade total.

Figura 15 – Correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e a qualidade sensorial dos cafés produzidos em 483 propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas.

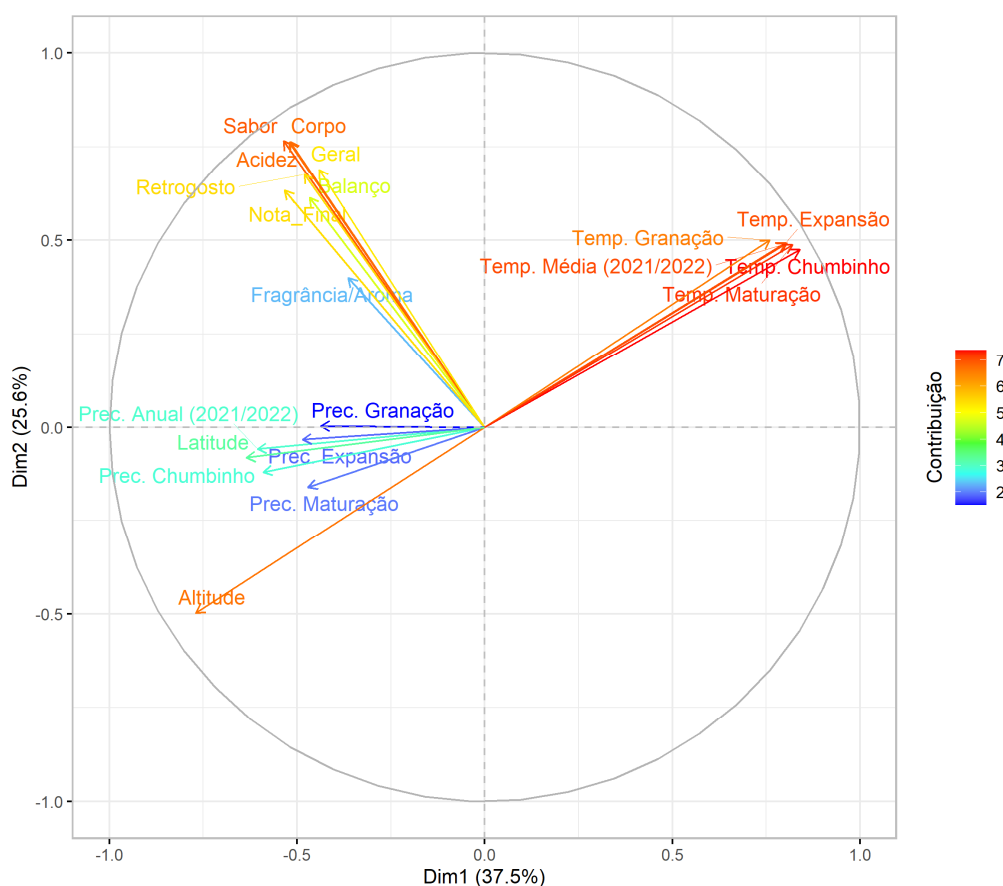


Significativo em \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ . Prec.: Precipitação acumulada. Temp.: Temperatura Média. Fases fenológicas: Chumbinho (setembro e outubro); Expansão (novembro e dezembro); Granação (janeiro, fevereiro e março) e Maturação (abril, maio e junho). Ano agrícola 2021/2022.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Todas as variáveis ambientais estiveram mais correlacionadas com o primeiro componente principal. Em ordem de importância as variáveis ambientais que apresentaram maior contribuição relativa foram: temperatura média na fase de chumbinho (7,37%); temperatura média na fase de maturação (7,22%); temperatura média no ano agrícola (7,05%); temperatura média na fase de expansão (7,02%); altitude (6,66%); temperatura na média na fase de granação (6,55%); latitude (3,25%); precipitação acumulada do ano agrícola (2,93%); precipitação acumulada na fase de chumbinho (2,87%); precipitação acumulada na fase de maturação (1,96%); precipitação acumulada na fase de expansão (1,88%) e precipitação acumulada na fase de granação (1,51%) (Figura 16).

Figura 16 – Autovetores da análise de componentes principais das variáveis ambientais e da qualidade sensorial dos cafés produzidos em 483 propriedades cafezeiras da região das Matas de Minas, durante o ano agrícola de 2021/2022.



Prec.: Precipitação acumulada. Temp.: Temperatura Média. Fases fenológicas: Chumbinho (setembro e outubro); Expansão (novembro e dezembro); Granação (janeiro, fevereiro e março) e Maturação (abril, maio e junho). Ano agrícola 2021/2022.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

Por outro lado, todas as variáveis de qualidade sensorial do café estiveram mais correlacionadas com o segundo componente principal. Em ordem de importância, as variáveis sensoriais que apresentaram maior contribuição relativa foram: Sabor (6,92%); Corpo (6,76%); Acidez (6,75%); Retrogosto (5,45%); Nota Final (5,43%); Geral (5,30%); Balanço (4,72%) e Fragrância/Aroma (2,31%) (Figura 16).

## **4 DISCUSSÃO**

### **4.1 Caracterização da diversidade ambiental da região das Matas de Minas**

A temperatura do ar e a precipitação são as principais variáveis meteorológicas que influenciam o desenvolvimento das culturas (Alvares et al., 2013). Ambas apresentaram alta variabilidade espacial na região, podendo impactar de maneira significativa o desenvolvimento e a fisiologia do cafeeiro, bem como a qualidade dos grãos. A variabilidade espacial da temperatura média mensal e anual ocorre principalmente em respostas às variações de altitude (Ferreira et al., 2018). Por outro lado, as variações na distribuição espacial e sazonal da precipitação acumulada média são explicadas pelos padrões de circulação atmosférica. A região das Matas de Minas encontra-se sob efeito da Zona de Convergência do Atlântico Sul, que promove instabilidade atmosférica e precipitação, principalmente durante o verão (Escobar et al., 2022).

Cerca de 67% do território da região das Matas de Minas apresentou temperatura média anual variando entre 18 e 22 °C, considerada ideal para o desenvolvimento do café arábica, segundo Camargo (1977), Meireles et al. (2004) e Pohlen e Janssens (2012). A altitude necessária para manter essa faixa de temperatura variou entre 635 e 1330 metros na parte Norte da região, e entre 565 e 1300 metros na parte Sul. Além disso, aproximadamente 18% da região apresentou temperatura média anual entre 22 e 23 °C, sendo essas temperaturas consideradas marginais para o cultivo do café arábica (Camargo, 1977). A altitude mínima necessária para manter essa faixa de temperatura foi de 460 metros na parte Norte da região e 370 metros na parte Sul. Em latitudes mais distantes da linha do equador (parte Sul da região), uma menor altitude é necessária para manter a mesma faixa de temperatura.

Aproximadamente 60% do território da região possui altitude variando entre 600 e 1000 metros. Altitudes entre 1000 e 1600 ocupam cerca de 8% da região. Em algumas áreas, a altitude ultrapassa os 2800 m, contudo, altitudes superiores a 2000 m correspondem a apenas 0,12% do

território da região das Matas de Minas. Áreas com altitude inferior a 600 m representam pouco mais de 31% do território da região.

Outro aspecto de grande relevância na caracterização da produção cafeeira refere-se ao relevo da região. A distribuição das curvas de nível observadas na Figura 8 destaca a complexidade da geografia local e seu impacto nas atividades agrícolas, especialmente no que se refere às limitações impostas à mecanização. A presença de múltiplas linhas de curvas de nível em um pequeno espaço sugere um relevo montanhoso com declives acentuados, onde mudanças significativas de elevação ocorrem em uma área geograficamente restrita. Essa característica de relevo impõe fortes limitações ao uso de maquinários agrícolas nas lavouras (Silva et al., 2013), elevando os custos com mão de obra.

As características naturais do solo representam uma parte importante do *terroir* de uma região (Costantini; Bucelli, 2014). Estudos anteriores indicaram que o teor de argila do solo pode influenciar tanto a produção como a qualidade de bebida do café, sendo os maiores teores de argila associados à maior qualidade física e sensorial dos grãos (Yadessa et al., 2008; Sanchez et al., 2012; Tassew et al., 2021). Os solos da região apresentam teor médio de argila de 391 g/kg (Figura 9), com textura variando entre textura média e argilosa (Vasconcelos, 2017).

A água disponível do solo também pode influenciar a morfologia e a fisiologia do cafeeiro, como o número de folhas e o teor de clorofilas (Hanuf, Prijono; Soemarno, 2021). Além disso, solos com baixa retenção de água podem induzir estresse hídrico em espaços de tempo relativamente curtos. Em resposta ao estresse hídrico, o cafeeiro promove uma série de ajustes morfológicos e fisiológicos a fim de adaptar o metabolismo às condições de escassez de água (Dias et al., 2007). De acordo com DaMatta e Ramalho (2006), pequenas reduções na disponibilidade de água podem diminuir substancialmente o desenvolvimento das plantas de café, mesmo que não sejam observadas murchas nas folhas ou quaisquer outros sinais visíveis de déficit hídrico. Portanto, a água disponível do solo também é uma característica importante na caracterização das regiões cafeeiras. O volume médio de água disponível do solo na camada 0 a 15 cm da região das Matas de Minas foi de 1,56 mm/cm (Figura 10).

A alta variabilidade ambiental encontrada no território da região das Matas de Minas, considerando as variáveis de temperatura média, mensal e anual, precipitação acumulada média mensal e anual, altitude, teor de argila e volume de água disponível do solo, promove uma ampla diversidade microclimática, capaz de influenciar de maneira diversa a qualidade sensorial dos cafés. A análise de agrupamento realizada a partir dos dados ambientais de 483

propriedades cafeeiras revelou que 65% dos grupos foram formados por 10 ou menos propriedades, ressaltando a alta heterogeneidade entre as áreas cultivadas (Figura 11).

Os resultados desse estudo apontam que a região das Matas de Minas possui um parque cafeeiro com área equivalente a 1641 km<sup>2</sup> ocupando cerca de 10% do território da região (Figura 12). Entretanto, estudos realizados por Faria (2015) indicam que o parque cafeeiro da região ocupa uma área significativamente maior, chegando a 4247 km<sup>2</sup>, o equivalente a aproximadamente 30% da área total da região das Matas de Minas.

O contraste entre esses dois estudos, provavelmente, é porque o estudo de Faria (2015) consiste no uso e cobertura do solo realizado a partir da classificação de imagem de satélite, direcionada especificamente para a região das Matas de Minas, com eventuais visitas a campo para validar o estudo. Por outro lado, o estudo atual considerou os dados disponibilizados pelo MapBiomas, que foi um estudo de uso e cobertura do solo realizado para todo o território nacional. Dessa forma, é possível que o estudo de Faria (2015) possua maior riqueza de detalhes da região, visto que foi conduzido em uma escala menor, focando apenas a região das Matas de Minas.

O parque cafeeiro da região das Matas de Minas é caracterizado por lavouras que se diferem quanto ao tamanho, práticas de manejo, estágio fenológico e nutricional (Faria, 2015). Além disso, encontra-se cercado por remanescentes florestais nativos do bioma Mata Atlântica, de florestas ombrófilas densas, abertas e mistas, florestas estacionais semi-decíduais, florestas estacionais decíduais e formações florestais pioneiras arbóreas (Figura 12 e 13). Cerca de 34% das lavouras de café da região das Matas de Minas fazem divisa com remanescentes florestais, isso equivale a aproximadamente 35 mil km de fronteira entre café e florestas (Faria, 2015).

Os remanescentes florestais em paisagens agrícolas fornecem uma série de vantagens ecológicas, das quais beneficiam a agricultura ao redor (Boreux et al., 2013). Na região das Matas de Minas, esses remanescentes florestais pertencem ao bioma Mata Atlântica e possuem alta diversidade vegetal, com mais de 130 espécies arbóreas já identificadas em um único hectare (Ferreira Júnior, 2005). Isso enriquece a biodiversidade da paisagem cafeeira da região e atua como habitat natural para uma diversidade de insetos e animais. Assim, as florestas que circundam as plantações de café podem auxiliar no controle biológico de pragas por meio da alta população de vespas, pássaros e morcegos que contribuem para a redução do uso de pesticidas (Karp et al., 2013; Medeiros et al., 2019).

Outra vantagem ecológica que pode ser mencionada é o aumento da polinização realizada por insetos em lavouras de café localizada nas proximidades dos remanescentes florestais (Ricketts et al., 2004). Na região estudada, Latini et al. (2020) identificaram aumento de 15%

na produtividade das lavouras de café localizadas próximos aos remanescentes florestais, quando comparadas a lavouras mais distantes.

Além disso, nos últimos anos, a atenção dada aos detalhes das paisagens cafeeiras tem se tornado cada vez mais importante no mercado de cafés de qualidade, principalmente no que se refere à sustentabilidade econômica e ambiental. Isso, pois a indústria de cafés especiais tem se comprometido com a sustentabilidade em todos os níveis da cadeia produtiva (Alvarez et al., 2010; SCA, 2024). Nesse contexto, a biodiversidade presente na região, através dos remanescentes florestais nativos, destaca a riqueza da ecologia natural da região. Além disso, o mercado tem compensado de maneira significativa, por meio dos selos de sustentabilidade e do comércio justo, os agricultores que adotam práticas sustentáveis e conservacionistas, reconhecendo e valorizando os cafés produzidos de maneira responsável (Raynolds, 2009), incentivando a manutenção dessas florestas.

Outro aspecto interessante é a formação de microclimas específicos nas bordas das lavouras cercadas por florestas. Isso é particularmente relevante na produção de cafés especiais, pois esses microclimas podem oferecer condições ideais para o desenvolvimento dos grãos. As florestas atuam como barreiras naturais e podem influenciar a temperatura, a umidade e a quantidade de luz solar nas lavouras.

A cafeicultura da região das Matas de Minas é cultivada principalmente em encostas íngremes que variam em altitude e direção. Nestas áreas, pequenas distâncias separam terrenos que apresentam características físicas e climáticas substancialmente diferentes. Isso revela o potencial da região na exploração de microlotes, que possuem alto valor agregado no mercado de cafés especiais. De acordo com Smith (2018), a produção em microlotes proporciona as condições ideais para a obtenção de um café de excelência, pois trata-se de lotes pequenos, produzidos em um único microclima, a partir de uma única variedade de café e colhidos durante um tempo relativamente curto. Portanto, possuem maior probabilidade de ter um sabor único e distinto, o que os torna excepcionais.

#### **4.2 Distribuição espacial da qualidade e relação entre ambiente e qualidade**

A distribuição espacial da qualidade dos cafés produzidos na região das Matas de Minas indica que a produção de cafés especiais abrange praticamente toda a área do parque cafeeiro da região (Figuras 11, 14). Além disso, esses cafés são originados em uma grande diversidade ambiental, como verificado nas Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Dessa forma, é provável que a alta diversidade de perfis sensoriais dos cafés produzidos na região das Matas de Minas,

estudada no Capítulo 1 e também observada em outros estudos, tais como os de Pinheiro (2015), Silveira et al. (2016), Silva et al. (2016), Fassio et al. (2017), Zaidan et al. (2017) e Bravin (2021), sejam em parte, explicada pela significativa diversidade ambiental e microclimática da região.

Diversos estudos anteriores já observaram os efeitos do ambiente na qualidade sensorial do café. Variáveis como altitude e temperatura são as que mais se destacam na maioria deles. Além dessas variáveis, nesse estudo também foram observados e quantificados o efeito da precipitação acumulada, latitude, longitude, teor de argila e água disponível do solo. A análise de correlação (Figura 15) revelou que a temperatura, a precipitação, a altitude e a latitude exerceram efeito significativo na qualidade sensorial dos cafés produzidos na região das Matas de Minas.

Contudo, apesar do efeito significativo, vale ressaltar que as correlações foram de baixas magnitudes, sendo a maior correlação de  $r = 0,22$ . Isso indica que essas variáveis ambientais possuem uma ligeira influência na qualidade sensorial dos cafés produzidos na região das Matas de Minas, mas que, isoladas, não são as principais determinantes da qualidade. Por outro lado, o teor de argila e a água disponível do solo não apresentaram correlação significativa com a qualidade final (Figura 15). Portanto, entende-se que, dentro dos limites avaliados, esses fatores não limitaram a qualidade sensorial dos cafés produzidos na região das Matas de Minas.

Mediante uma perspectiva multivariada (Figura 16), as variáveis ambientais que estiveram mais associadas positivamente com a nota final dos cafés produzidos na região das Matas de Minas, foram: precipitação acumulada na fase de granação ( $\cos = 0,65$ ); precipitação acumulada na fase de expansão ( $\cos = 0,59$ ); precipitação acumulada no ano agrícola 2021/2022 ( $\cos = 0,57$ ); latitude ( $\cos = 0,54$ ); precipitação acumulada na fase de chumbinho ( $\cos = 0,48$ ); precipitação acumulada na fase de maturação ( $\cos = 0,36$ ) e pôr fim a altitude ( $\cos = 0,12$ ). Em contrapartida, as variáveis ambientais que estiveram mais associadas negativamente com a nota final foram: temperatura média durante a fase de chumbinho ( $\cos = -0,18$ ); temperatura média durante a fase de maturação ( $\cos = -0,16$ ); temperatura média na fase de expansão ( $\cos = -0,15$ ); temperatura média no ano agrícola 2021/2022 ( $\cos = -0,15$ ) e a temperatura média na fase de granação ( $\cos = -0,12$ ).

A baixa associação entre a qualidade final dos cafés produzidos na região das Matas de Minas e as variáveis ambientais, especialmente altitude e temperatura, que são amplamente discutidas na literatura, sugere que existem outras fontes de variação não controladas neste estudo que têm um impacto mais significativo nas características sensoriais dos cafés dessa região. Entre essas fontes de variação, destaca-se a forma como foi conduzido o processamento,

incluindo tempo e temperatura de secagem, o nível de fermentação ao qual os grãos foram submetidos, além de fatores genéticos como a variedade cultivada e as práticas agronômicas adotadas.

Os resultados desse estudo revelaram que a região das Matas de Minas possui grande amplitude de variação nas condições edafoclimáticas e que cada fator pode influenciar a qualidade dos cafés da região de maneira distinta. No entanto, considerando a natureza dos dados, o estudo mostrou que os fatores ambientais da região não são os principais limitantes da qualidade. Assim, se os demais processos de produção forem conduzidos de maneira adequada, todo o parque cafeeiro da região das Matas de Minas tem potencial de produzir cafés de qualidade sensoriais distintas.

## **5 CONCLUSÃO**

A região das Matas de Minas é caracterizada por um relevo montanhoso com grande diversidade nas variáveis ambientais de temperatura média mensal e anual, precipitação acumulada média mensal e anual, altitude, teor de argila do solo e água disponível do solo. As propriedades cafeeiras englobam essa vasta diversidade ambiental adequada para a produção de cafés especiais. A distribuição da produção de cafés especiais abrange a maior parte do parque cafeeiro da região.

O ambiente da região das Matas de Minas, sobretudo as variáveis de temperatura, precipitação, altitude e latitude, isoladamente, exerce uma leve influência na qualidade sensorial dos cafés produzidos na região. Assim, todo o parque cafeeiro da região das Matas de Minas possui potencial para a produção de cafés especiais.

## REFERÊNCIAS

- AGNOLETTI, Bárbara Zani et al. The *terroir* of Brazilian *Coffea canephora*: Characterization of the chemical composition. **Food Research International**, v. 176, p. 113814, 2024.
- ALONSO-SALCES, Rosa M. et al. Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 10, p. 4224-4235, 2009.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and applied climatology**, v. 113, p. 407-427, 2013.
- ALVAREZ, Gabriela. Fair trade and beyond: voluntary standards and sustainable supply chains. In: **Delivering Performance in Food Supply Chains**. Woodhead Publishing, 2010. p. 478-510.
- BALIGAR, V. C. et al. Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration, and vapor pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. *Photosynthetica*, v. 46, p. 216-221, 2008.
- BOREUX, Virginie et al. Impact of forest fragments on bee visits and fruit set in rain-fed and irrigated coffee agro-forests. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 172, p. 42-48, 2013.
- BRAVIN, Núbia Pinto. **Caracterização sensorial dos cafés da região das Matas de Minas selecionados em concurso de qualidade**. 2021. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.
- CAMARGO, Ângelo Paes de; CAMARGO, Marcelo Bento Paes de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, p. 65-68, 2001.
- CAMARGO, A. P. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. In: IBGE. Recursos naturais, meio ambiente e poluição: contribuições de um ciclo de debates. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. p. 68-76.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Café**. Brasília: Conab, v. 10, n. 4, 2023 48p.
- COSTANTINI, Edoardo Antonio Costantino; BUCELLI, Pierluigi. Soil and *terroir*. **Soil Security for Ecosystem Management: Mediterranean Soil Ecosystems 1**, p. 97-133, 2014.
- DIAS, Paulo C. et al. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. **Journal of plant physiology**, v. 164, n. 12, p. 1639-1647, 2007.
- DECAZY, Frédéric et al. Quality of different Honduran coffees in relation to several environments. **Journal of food science**, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2003.

ESCOBAR, Gustavo Carlos Juan; REBOITA, Michelle Simões. Relationship between daily atmospheric circulation patterns and South Atlantic Convergence Zone (SACZ) events. *Atmosfera*, v. 35, n. 1, p. 1-25, 2022.

FARIA, M. M. **Distribuição espacial do café na região das matas de Minas. 2015. 89f.** 2015. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)—Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FASSIO, L. O. et al. Sensory profile and chemical composition of specialty coffees from Matas de Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 9, p. 78, 2017.

FERREIRA, Gabriela Regina et al. Thermal zoning for mountain coffee crops in the Matas de Minas region, Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n. 04, p. 1176-1185, 2018.

FERREIRA JÚNIOR, W. G. **Composição, estrutura e análise de gradientes em floresta estacional semidecídua em Viçosa, MG.** 2005. Dissertação de Mestrado. Dissertação (Mestrado em Botânica) —Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, Williams Pinto Marques et al. Mapping the mountainous climate in the Matas de Minas region, Brazil which influences the top-quality coffee beverages. 2022.

FILETE, Cristhiane Altoé, et al. “The New Standpoints for the *Terroir* of *Coffea Canephora* from Southwestern Brazil: Edaphic and Sensorial Perspective”. *Agronomy*, vol. 12, nº 8, agosto de 2022, p. 1931. *DOI.org (Crossref)*, <https://doi.org/10.3390/agronomy12081931>.

HANUF, Atiqah Aulia; PRIJONO, Sugeng; SOEMARNO, S. Improvement of soil available water capacity using biopore infiltration hole with compost in a coffee plantation. **Journal of Degraded and Mining Lands Management**, v. 8, n. 3, p. 2791, 2021.

HINNAH, Fernando Dill et al. Weather-based coffee leaf rust apparent infection rate modeling. **International journal of biometeorology**, v. 62, p. 1847-1860, 2018.

ICO, International Coffee Organization. **Anual Review: Coffee Year 2021/2022.** 2022. Disponível em: <https://www.ico.org/documents/cy2022-23/annual-review-2021-2022-e.pdf>. Acesso: 05 de Mai de 2024.

KARP, Daniel S. et al. Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. **Ecology letters**, v. 16, n. 11, p. 1339-1347, 2013.

KATH, Jarrod et al. Vapour pressure deficit determines critical thresholds for global coffee production under climate change. *Nature Food*, v. 3, n. 10, p. 871-880, 2022.

LATINI, Anderson Oliveira et al. Reconciling coffee productivity and natural vegetation conservation in an agroecosystem landscape in Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 57, p. 125902, 2020.

LAMBOT, Charles et al. Cultivating coffee quality—*Terroir* and agro-ecosystem. In: **The craft and science of coffee**. Academic Press, 2017. p. 17-49.

LIEBIG, Theresa et al. Interactive effects of altitude, microclimate and shading system on coffee leaf rust. **Journal of Plant Interactions**, v. 14, n. 1, p. 407-415, 2019.

LUCINI, Luigi; ROCCHETTI, Gabriele; TREVISAN, Marco. Extending the concept of *terroir* from grapes to other agricultural commodities: An overview. *Current Opinion in Food Science*, v. 31, p. 88-95, 2020.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and generalized regression approach. **Cancer Res.** v.27, p. 209-220, 1967.

MAPBIOMA. VISÃO GERAL DA METODOLOGIA. 2023a. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia/>. Acesso em: 10 maio 2024.

MAPBIOMA. CÓDIGOS DE LEGENDA. 2023b. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/codigos-de-legenda/>. Acesso em: 10 maio 2024.

MEIRELES, EJM et al. Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004-2005. **Embrapa Café. Documentos**, v. 5, 2009.

MEDEIROS, Hugo Reis et al. Forest cover enhances natural enemy diversity and biological control services in Brazilian sun coffee plantations. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 39, p. 1-9, 2019.

MEIRELES, EJM et al. Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico-ano agrícola 2002-2003. **Embrapa Café. Documentos**, v. 2, 2004.

MILLARD, Edward. Still brewing: Fostering sustainable coffee production. **World Development Perspectives**, v. 7, p. 32-42, 2017.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, p. 359-363, 1977.

OBERTHÜR, Thomas et al. Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. **Food policy**, v. 36, n. 6, p. 783-794, 2011.

PINHEIRO, A. C. T. **Influência da altitude, face de exposição e variedade na caracterização da qualidade sensorial dos cafés da região das Matas de Minas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

POHLAN, H. A. J.; JANSSENS, M.J.J. Growth and production of coffee. *Soil, Plant Growth Crop Produc*, v. 3, p. 1-11, 2012.

QGIS. Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). 2024 Disponível em: <https://www.qgis.org/>> Acesso em 01 mar 2024.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2019. Disponível em: <http://www.r-project.org>

RAYNOLDS, Laura T. Mainstreaming fair trade coffee: From partnership to traceability. **World development**, v. 37, n. 6, p. 1083-1093, 2009.

RICKETTS, Taylor H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. **Conservation biology**, v. 18, n. 5, p. 1262-1271, 2004.

SAMPER, Luis F.; QUIÑONES-RUIZ, Xiomara F. Towards a balanced sustainability vision for the coffee industry. **Resources**, v. 6, n. 2, p. 17, 2017.

SANCHEZ, Maria Gabriela Baracat et al. Delineation of specific management areas for coffee cultivation based on the soil-relief relationship and numerical classification. **Precision agriculture**, v. 14, p. 201-214, 2012.

SANTOS, A. R. et al. **Curso Especialização de Dados Meteorológicos no QGIS (EDM-QGIS): Videoaulas Descritas Passo a Passo – Volume 1**. Alegre: CAUFES, 2022.

SANTOS, A. R. Vídeo (27 min). Aula 14 - Aquisição do MDE SRTM 30m no site Earth Explorer. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020a. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=HStaTycpuC0&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=15&ab\\_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos](https://www.youtube.com/watch?v=HStaTycpuC0&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=15&ab_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos). Acesso em: 22 Abr 2024.

SANTOS, A. R. Vídeo (10:13 min). Aula 16 - Pré-processamento - Etapa 01: Mosaico de imagens do MDE SRTM de 30m no QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020b. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=xf-i4Pu3YUk&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=16&ab\\_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos](https://www.youtube.com/watch?v=xf-i4Pu3YUk&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=16&ab_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos). Acesso em: 22 Abr 2024.

SANTOS, A. R. Vídeo (17:10 min). Aula 17 - Pré-processamento - Etapa 02: Recorte do MDE SRTM no QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020c. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=gi2sQHqxz7k&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=17&ab\\_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos](https://www.youtube.com/watch?v=gi2sQHqxz7k&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=17&ab_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos). Acesso em: 22 Abr 2024.

SANTOS, A. R. Vídeo (11:36 min). Aula 18 - Pré-processamento - Etapa 03: Correção de valores negativos do MDE SRTM de 30m no QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020d. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=h75zqJMMs9A&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=18&ab\\_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos](https://www.youtube.com/watch?v=h75zqJMMs9A&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=18&ab_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos). Acesso em: 22 Abr 2024.

SANTOS, A. R. Vídeo (11:04 min). Aula 19 - Pré-processamento - Etapa 04: Preencher pixels sem dados do MDE SRTM de 30m no QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020e. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=w5oD56xmWh8&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=19&ab\\_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos](https://www.youtube.com/watch?v=w5oD56xmWh8&list=PL551njkdL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=19&ab_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos). Acesso em: 22 Abr 2024.

SANTOS, A. R. Vídeo (15:17 min). Aula 20 - Pré-processamento - Etapa 05: Remoção de depressões espúrias do MDE SRTM de 30m no QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=1J2TR50oTZU&list=PL551njkDL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=20&ab\\_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos](https://www.youtube.com/watch?v=1J2TR50oTZU&list=PL551njkDL5YqvMzc4sBIK8wKLhH2d18-z&index=20&ab_channel=MundodaGeom%C3%A1tica-Dr.AlexandreRosadosSantos). Acesso em: 22 Abr 2024.

SARZYNSKI, Thuan et al. Genetic-environment interactions and climatic variables effect on bean physical characteristics and chemical composition of *Coffea arabica*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, n. 9, p. 4692-4703, 2023.

SCA – Specialty Coffee Association. **Our Sustainable Coffee Agenda**. 2024. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objet>. Acesso em: 10 maio 2024.

SCHJONNING, Per et al. Predicting soil particle density from clay and soil organic matter contents. **Geoderma**, v. 286, p. 83-87, 2017.

SCHOLZ, Maria Brigida dos Santos et al. The typicity of coffees from different *terroirs* determined by groups of physico-chemical and sensory variables and multiple factor analysis. *Food Research International*, v. 114, p. 72-80, 2018.

SILVA, Samuel de Assis et al. Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 9, p. 3098-3108, 2016.

SILVEIRA, Alice de Souza et al. 'Sensory analysis of specialty coffee from different environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. **Revista Ceres**, v. 63, p. 436-443, 2016.

SILVEIRA, A. de S. **Atributos sensoriais dos cafés cultivados em diferentes altitudes e faces de exposição na região das Matas de Minas**. 2015. Tese de Doutorado. Tese (Pós graduação em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

SMITH, Julia. Coffee landscapes: Specialty coffee, *terroir*, and traceability in Costa Rica. **Culture, Agriculture, Food and Environment**, v. 40, n. 1, p. 36-44, 2018.

SILVA, Vladimir Antonio et al. Mapa de solos, conhecimento de campo, inventário florestal e Zoneamento Ecológico-Econômico como base para a aptidão agrícola das terras em Minas Gerais elaborada em SIG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 538-549, 2013.

TASSEW, Addis Alemayehu et al. Influence of location, elevation gradients, processing methods, and soil quality on the physical and cup quality of coffee in the Kafa Biosphere Reserve of SW Ethiopia. **Heliyon**, v. 7, n. 8, 2021.

USDA, United States Department of Agriculture. **Coffee: World Markets and Trade**. 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>. Acesso: 05 de Mai de 2024.

VAAST, Philippe et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006.

VASCONCELOS, Vitor Vieira. O que mantém as águas fluindo em nossos rios?. **Applied Water Science**, v. 7, p. 1579-1593, 2017.

VASQUES, G.M., COELHO, M.R., DART, R.O., CINTRA, L.C., BACA, J.F.M. (2021a). Soil Available Water Maps for Brazil at 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100 and 100-200 cm Depth Intervals with 90 m Spatial Resolution. Version 2021. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, Brazil.

VASQUES, G.M., COELHO, M.R., DART, R.O., CINTRA, L.C., BACA, J.F.M. (2021b). Soil Clay, Silt and Sand Content Maps for Brazil at 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100 and 100-200 cm Depth Intervals with 90 m Spatial Resolution. Version 2021. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, Brazil.

VIEIRA SR. Geostatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais RF, Alvares VVH, Schaeffer CEGR, editors. **Tópicos em ciência do solo Viçosa**: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p.1-54.

WILLIAMS, Simon D. et al. Does coffee have *terroir* and how should it be assessed?. **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1907, 2022.

YADESSA, Abebe et al. Influence of soil properties on cup quality of wild Arabica coffee in coffee forest ecosystem of SW Ethiopia. In: **22nd International Conference on Coffee Science (ASIC), held between**. 2008. p. 14-19.

YUNAN, Dai; XIANLIANG, Qiao; XIAOCHEN, Wang. Study on cation exchange capacity of agricultural soils. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2018. p. 042039.

ZAIDAN, Úrsula Ramos et al. Environment and variety influence on coffee quality of “Matas De Minas”. **Coffee Science-ISSN 1984-3909**, v. 12, n. 2, p. 240-247, 2017.

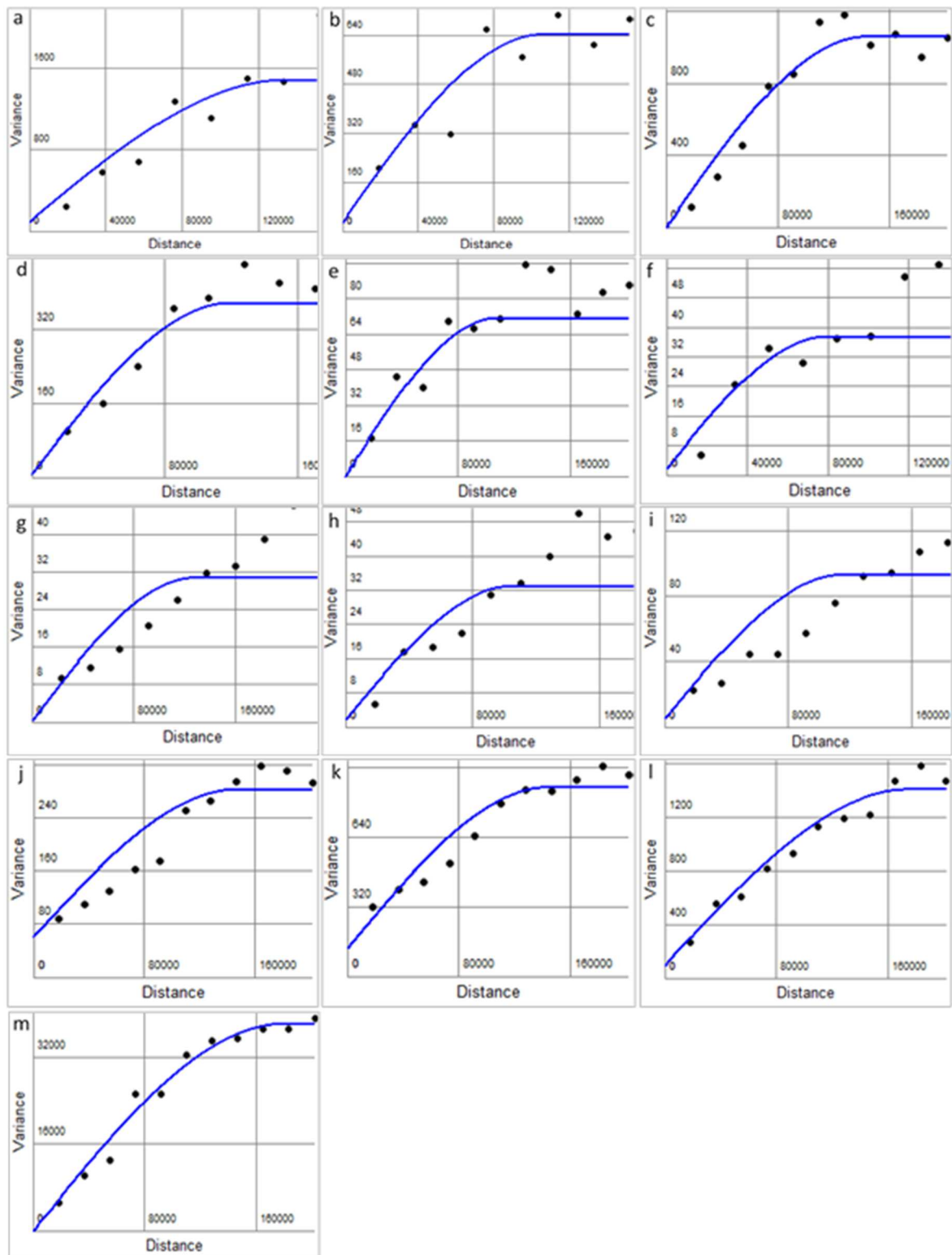
## APÊNDICES

APÊNDICE A – Equações de regressão linear múltipla usadas para estimar as temperaturas médias mensais e anual da região das Matas de Minas, Minas Gerais.

Meses	Equações	R <sup>2</sup>
<b>Jan</b>	TEMP_JAN = 7.067519 + 0.174019 * "Latitude" -0.565660 * "Longitude" -0.006116 * "Altitude"	0.9329
<b>Fev</b>	TEMP_FEV = -9.270515+ 0.217993 * "Latitude" -0.977562* "Longitude" -0.006851 * "Altitude"	0.8202
<b>Mar</b>	TEMP_MAR = -17.755497 + 0.268007* "Latitude" -1.187295* "Longitude" -0.007065* "Altitude"	0.7618
<b>Abr</b>	TEMP_ABR = 24.6578523 + 0.3786290* "Latitude" -0.1973894* "Longitude" -0.0051683* "Altitude"	0.8516
<b>Mai</b>	TEMP_MAI = 26.770160+ 0.456193* "Latitude" -0.122201* "Longitude" -0.004962* "Altitude"	0.7751
<b>Jun</b>	TEMP_JUN = 23.695267+ 0.337708* "Latitude" -0.102654* "Longitude" -0.004573* "Altitude"	0.6861
<b>Jul</b>	TEMP_JUL = 22.353165+ 0.366866* "Latitude" -0.145938* "Longitude" -0.004764* "Altitude"	0.6508
<b>Ago</b>	TEMP_AGO = 19.509455+ 0.430309* "Latitude" -0.269649* "Longitude" -0.004850* "Altitude"	0.6709
<b>Set</b>	TEMP_SET = 13.286873+ 0.620469* "Latitude" -0.5704757* "Longitude" -0.005340* "Altitude"	0.7793
<b>Out</b>	TEMP_OUT = 15.6664464+ 0.6872279* "Latitude" -0.5704757* "Longitude" -0.0056275* "Altitude"	0.8861
<b>Nov</b>	TEMP_NOV = 21.2953375+ 0.5297253* "Latitude" -0.3638332* "Longitude" -0.0053733* "Altitude"	0.9135
<b>Dez</b>	TEMP_DEZ = 23.0667496+ 0.2262911* "Latitude" -0.1964887* "Longitude" -0.0052587* "Altitude"	0.9207
<b>ANUAL</b>	T_MEDIA = 14.195234+0.391120 * "Latitude" -0.438088* "Longitude" -0.005496* "Altitude"	0.8673

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

APÊNDICE B – Semivariogramas experimentais (modelo esférico) usados para estimar as precipitações acumuladas médias mensais e anual na região das Matas de Minas, Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

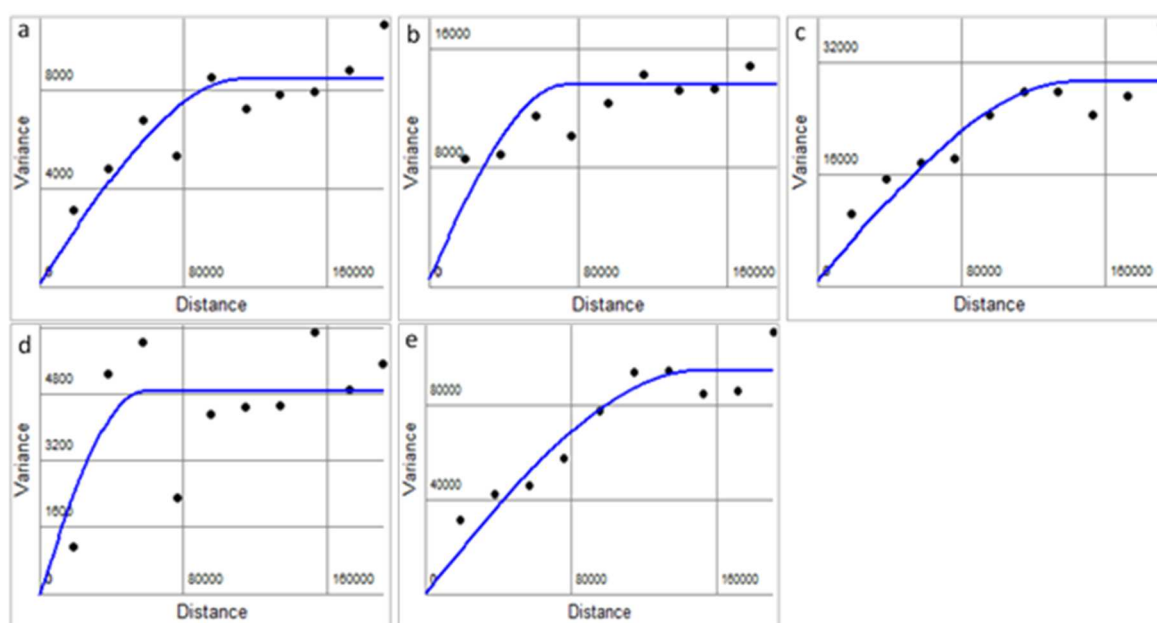
APÊNDICE C – Equações de regressão linear múltipla usados para estimar as temperaturas médias durante as fases fenológicas do cafeeiro e do ano agrícola 2021-2022 para região das Matas de Minas, Minas Gerais.

Fases Fenológicas	Equações	R <sup>2</sup>
<b>Chumbinho</b>	TEMP_Chumbinho = -6.305283 +0.784896* "Latitude" -1.134597* "Longitude" -0.005947* "Altitude"	0.7186
<b>Expansão</b>	TEMP_Expan = 2.487027+0.351738* "Latitude" -0.720276* "Longitude" -0.006038* " Altitude "	0.7946
<b>Granação</b>	TEMP_Granação = 6.104364+0.071618* "Latitude" -0.540678* "Longitude" -0.006271* " Altitude "	0.8331
<b>Maturação</b>	TEMP_Maturação = 1.053158+0.470880* "Latitude" -0.755474* "Longitude" -0.005704* " Altitude "	0.7332
<b>Ano Agrícola (2021-2022)</b>	TEMP_MEDIA = 0.818264+0.384465* "Latitude" -0.757574* "Longitude" -0.005929* " Altitude "	0.7744

Fases fenológicas: Chumbinho (setembro e outubro); Expansão (novembro e dezembro); Granação (janeiro, fevereiro e março) e Maturação (abril, maio e junho).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

APÊNDICE D – Semivariogramas experimentais (modelo esférico) usados para estimar as precipitações acumuladas durante as fases fenológicas de Chumbinho (a); Expansão (b); Granação (c); Maturação (d) e do ano agrícola 2021 - 2022 (e).



Fases fenológicas: Chumbinho (setembro e outubro); Expansão (novembro e dezembro); Granação (janeiro, fevereiro e março) e Maturação (abril, maio e junho).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, a partir dos dados da pesquisa.

## CONCLUSÕES GERAIS

As regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Chapada de Minas, Campo das Vertentes e Região Vulcânica possuem potencial para expandir a produção de cafés especiais. O *terroir* das regiões Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas estão melhor representados em função do maior número de amostras analisadas. As regiões Mantiqueira de Minas e Matas de Minas alcançaram as maiores pontuações médias e máximas nos atributos sensoriais e na Nota Final dos cafés avaliados no Cupping ATeG Café+Forte entre os anos 2019 a 2022.

Há um padrão de frequência semelhante entre as regiões com relação as principais subcategorias de descritores sensoriais e de modo geral os perfis sensoriais dos cafés especiais dessas sete regiões podem ser descritos com predominância de Fragrâncias/Aromas e Sabores de “Caramelo”, “Frutado”, “Nozes”, “Chocolate”, “Frutas Cítricas” e “Frutas Amarelas”. O Corpo varia de “Suave” a “Cremoso”, a Acidez “Cítrica” e a Finalização “Curta” são as mais frequentes, contudo, as Finalizações “Prolongadas” e “Prazerosas” também são comuns nesses *terroirs*, e no Geral são cafés “Agradáveis”.

A grande diversidade sensorial entre os cafés das sete regiões permite a diferenciação entre os *terroirs*, contudo, simultaneamente, também possibilita que certos *terroirs* compartilhem de perfis sensoriais semelhantes entre si.

Nos *terroirs* estudados, os descritores sensoriais “Mel”, “Floral”, “Frutado”, “Rapadura”, “Doce”, “Frutas Amarelas”, “Mamão Papaya”, “Pêssego”, “Cana”, “Limão”, “Laranja” e “Manga” são mais frequentes em cafés especiais de qualidade “Excelente” (Nota Final entre 85 a 89,99) e “Excepcional” (Nota Final entre 90 a 100).

Novas análises precisam ser desenvolvidas para melhor elucidar a diferenciação sensorial entre esses *terroirs*, sobretudo quanto aos descritores sensoriais observados em menor frequência.

A região das Matas de Minas é caracterizada por um relevo montanhoso com grande diversidade nas variáveis ambientais de temperatura média mensal e anual, precipitação acumulada média mensal e anual, altitude, teor de argila do solo e água disponível do solo. As propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas englobam essa vasta diversidade ambiental, adequada para a produção de cafés especiais. A distribuição da produção de cafés especiais abrange a maior parte do parque cafeeiro da região das Matas de Minas.

O ambiente da região das Matas de Minas, sobretudo as variáveis de temperatura, precipitação, altitude e latitude, isoladamente, exerce uma leve influência na qualidade sensorial dos cafés produzidos na região. Todo o parque cafeeiro da região das Matas de Minas possui grande potencial para a produção de cafés especiais.