



**THIAGO MEDEIROS PINTO FREITAS**

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE PARA  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SENSORIAL DE CAFÉS DA  
SERRA DA CANASTRA-MG**

**LAVRAS –MG**

**2022**

**THIAGO MEDEIROS PINTO FREITAS**

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE PARA AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE SENSORIAL DE CAFÉS DA SERRA DA CANASTRA - MG**

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

Prof. Dr Flávio Meira Borém  
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Ângelo Cirillo  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2022**

**THIAGO MEDEIROS PINTO FREITAS**

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE PARA AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE SENSORIAL DE CAFÉS DA SERRA DA CANASTRA - MG**

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

APROVADA em 26/09/2022

Prof. Dr. Flávio Meira Borém UFLA  
Dra. Ana Paula de Carvalho Alves UFLA  
Ma. Laís de Oliveira Silva UFLA  
Ma. Luana Haerberlin UFLA

Prof. Dr Flávio Meira Borém  
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Ângelo Cirillo  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

2022

**Dedicatória**

À Deus por me guiar, abençoar  
e me proteger diariamente.

Aos meus pais Wath e Andréia,

A minha irmã Andresa e ao irmão Arthur,

Aos meus avós Dalva, Walter,

Virgínia e Horácio (*In Memoriam*).

Minha família é o meu maior exemplo de vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder o dom da vida, por me presentear em nascer na minha família e por me dar forças para alcançar os meus objetivos.

A minha mãe, Andréia, pelo amor e apoio incondicional. Ao meu pai, Wath Freitas, meu exemplo de agrônomo, de pai, meu grande incentivador.

Aos meus irmãos, Andresa e Arthur por acreditarem e me apoiarem em todos os momentos da minha vida.

Aos meus avós Dalva, Walter, Virgínia e Horácio (*In memoriam*) por serem a minha fonte de inspiração. E aos demais familiares por todo o carinho e confiança.

Ao meu orientador professor Dr. Flávio Borém, por toda orientação, oportunidades de participar de projetos de pesquisa, por todo seu grande conhecimento transmitido que, contribui para meu amadurecimento. Ao meu coorientador professor Dr. Marcelo Cirillo, pela coorientação, paciência e confiança.

A Ana Paula, amizade que ganhei durante a Iniciação Científica e que tenho certeza que irá durar por muitos anos, e que agradeço por toda a ajuda ao longo desse tempo.

Ao PósCafé, meu núcleo do coração, por todas as amizades que fiz no tempo que tive no núcleo, momento em que aprendi muito, me diverti e cresci tanto profissionalmente, como pessoalmente.

A todos os meus amigos do Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, do NECS e do Terra Jr., sentirei muitas saudades dos convívios com cada um que tive quando fui membro dessas queridas entidades.

A todos os meus amigos, ao grupo Só Resenha e Melhores UFLA, por cada lembrança inesquecível que coleciono com os participantes destes grupos, e aos meus amigos de infância, seja de Patrocínio, Araxá, por todos esses anos de companheirismo.

A todos os professores e colaboradores da UFLA, vocês contribuíram muito para o meu desenvolvimento. A Claudia, por todo auxílio na pesquisa e amizade construída. Ao Sérgio, por me ajudar e salvar nas dúvidas de estatísticas. Ao Rodrigo, por me ajudar na realização desse trabalho.

Aos produtores da Serra da Canastra, por possibilitar a realização desse trabalho.

A Universidade Federal de Lavras, por todas as oportunidades construídas e oferecidas durante a minha graduação

A todos vocês, o meu muito obrigado, carrego todos comigo como parte da minha história.

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Além dessa posição de destaque, o país vem sendo reconhecido também pela qualidade dos seus cafés. A qualidade é proveniente da interação genótipo, ambiente e processos de pós-colheita. Por isso, estudar o ambiente de uma microrregião, levando em conta também as variedades presentes nas propriedades nessa microrregião e os procedimentos que os produtores adotam na pós-colheita é de suma importância para o reconhecimento das lavouras e a identificação do potencial de qualidade, para que decisões mais assertivas possam ser tomadas. Assim, aplicou-se a Análise Discriminante Linear de Fisher para prever de forma estatística quantas notas podem se classificar acima e quantas notas podem se classificar abaixo de uma determinada nota de corte, o que é muito importante, pois assim o produtor tem ideia da possibilidade de se produzir um café especial acima de certa nota de corte de acordo com algumas decisões que ele toma. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da Análise Discriminante Linear de Fisher em amostras de cafés da Serra da Canastra em função das variedades, tipo de processamento adotado e a altitude. Em 2020, foram colhidas 102 amostras de café em 36 pontos geográficos distintos, espalhados pela Serra da Canastra, e em cada ponto geográfico foi realizado três tipos de processamento: natural, descascado e descascado e desmucilado, com exceção para 5 pontos, locais onde não foram possíveis de realizar todos os tipos de processamentos propostos. Os frutos foram colhidos de forma manual e seletiva e foram adotados todos os procedimentos de pós-colheita recomendados para a produção de cafés especiais. As análises sensoriais foram realizadas seguindo a metodologia proposta pela Associação de Cafés Especiais (SCA), com a participação de três juízes certificados. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa R e para aplicar a técnica estatística foram criadas categoriais para que posteriormente os resultados pudessem ser alocados, para as altitudes foram criadas as categoriais: abaixo de 900 metros, entre 900 e 999 metros e acima de 1000 metros. Para as notas sensoriais foram criados cenários, acima ou abaixo de 80 pontos, acima ou abaixo de 81 pontos, acima ou abaixo de 82 pontos, acima ou abaixo de 83 pontos, acima ou abaixo de 84 pontos e acima ou abaixo de 85 pontos. Para avaliar o método de classificação foi utilizada a Tabela Verdade. A Análise Discriminante Linear de Fisher atingiu a acurácia de 95,10% (no cenário de cafés acima ou abaixo de 80,00 pontos); 91,18% (no cenário de cafés acima ou abaixo de 81,00 pontos), 85,29% (no cenário de cafés acima ou abaixo de 82,00 pontos); 71,57% (no cenário de cafés acima ou abaixo de 83,00 pontos); 75,49% (no cenário de cafés acima ou abaixo de 84,00 pontos) e 86,27% (no cenário de cafés acima ou abaixo de 85,00 pontos). Com os resultados das acurácias obtidas em cada cenário proposto de acordo com as Tabelas Verdades, concluiu-se que é possível utilizar a Análise Discriminante Linear de Fisher para classificar e agrupar notas sensoriais de cafés da Serra da Canastra-MG.

**Palavras-chave:** Cafés Especiais, Variedades de Café, Processamento do Café, Denominação de Origem, Análise Discriminante Linear de Fisher.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1	Cafés especiais .....	9
2.2	O ambiente e a Indicação Geográfica para o café.....	10
2.3	A região da Canastra .....	12
2.4	Genótipo e a qualidade do café.....	14
2.5	Processamento .....	15
2.6	Análise sensorial .....	16
2.7	Análise discriminante .....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1	Coleta de amostras .....	18
3.2	Obtenção das amostras.....	21
3.3	Análise sensorial .....	22
3.4	Análise estatística .....	22
3.5	Avaliação do método de classificação .....	23
3.6	Teste Exato de Fisher.....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1	Frequências reais dos resultados obtidos na análise sensorial.....	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café cru em grão está entre os 10 principais produtos exportados pelo Brasil (ESTADÃO, 2022). Ocupar uma posição de destaque entre as principais exportações brasileiras já ocorre a quase 200 anos, fato que faz com que o café seja parte da história do país. Recentemente, uma outra notabilidade é ligada ao café produzido na nação, a qualidade, trazendo reconhecimento não só de um país que exporta grandes volumes, mas também produtos com qualidade.

A qualidade é influenciada por fatores genéticos, ambientais, formas de cultivo e tecnologias adotadas e processos de pós-colheita (BORÉM et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011). Fatores ambiente como, solo, relevo, precipitações, altitude são importantes na formação da qualidade. Ao se tratar do genótipo, existem cultivares que possuem maior potencial para expressar a qualidade, como o Bourbon Amarelo que possui sabor doce e aroma característico (CARVALHO et al., 2008). Nos processos pós-colheita, a escolha de qual tipo de processamento adotar é uma peça chave para quem produz cafés especiais, processar um café por via seca gera resultados na bebida final diferentes do que um café processado por via úmida, para uma mesma variedade em um mesmo ambiente, por exemplo.

Inúmeras variações sensoriais de cafés são encontradas pelo mundo, o que comprova que a bebida está diretamente ligada à sua origem geográfica, as técnicas que o produtor rural usa e a cultura das diversas regiões em que o café é plantado. Cada vez mais o consumidor tem conhecimento sobre o que originou um perfil sensorial diferenciado dos cafés. Assim, caracterizar o ambiente e estudá-lo é uma das formas de entender melhor o que ocorre em cada região. Isso permitiu reconhecer que certa região possui determinadas características sensoriais específicas, o que acontece com regiões que adquirem o registro de Indicação Geográfica.

A Canastra possui grandes áreas com produções de café e por meio de uma demanda dos produtores da região foi solicitado o pedido de Indicação Geográfica na modalidade de Denominação de Origem para o café. Para ter êxito na solicitação, pesquisas são realizadas para comprovar a relação do ambiente, com o produto final. Nessa perspectiva surgiu esse trabalho, que teve como objetivo avaliar o uso da Análise Discriminante Linear de Fisher em amostras de cafés da Serra da Canastra em função das variedades, tipo de processamento adotado e a altitude.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cafés especiais

O café é um importante produto agrícola em diversos países, principalmente para o Brasil, devido a sua contribuição social, econômica e cultural. O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, em 2021 o país exportou 36,8 milhões de sacas (CECAFE, 2021). Além do fato de exportar grandes quantidades, nos últimos anos a notoriedade brasileira no mercado cafeeiro cresceu consideravelmente pela qualidade na produção e da diversidade de cafés com características complexas, provenientes de sua dimensão geográfica e, conseqüentemente, do manejo diversificado (MACIEL, 2020). A busca por qualidade no setor agrícola como um todo está em ascensão mundialmente, devido aos novos comportamentos estabelecidos no consumo de produtos alimentícios, onde os consumidores passaram a exigir maior qualidade (TRAORE; WILSON; FIELDS, 2018).

Com o aumento mundial deste tipo de demanda, o consumo de cafés especiais tem crescido em proporções maiores do que o de cafés comuns (BSCA, 2014). Dessa forma, países produtores de café tem interesse em entender os efeitos dos ambientes na produção cafeeira atrelado a técnicas que possam manter e, até mesmo, como nos últimos anos, elevar a qualidade final do produto. As características genéticas das diferentes cultivares, os métodos de cultivo, colheita e as tecnologias de pós-colheita exercem um importante papel na qualidade da bebida final do café (AVELINO et al., 2005).

Cafés de alta qualidade também são nomeados como cafés especiais. Este segmento ganhou relevância com o surgimento da fundação da Specialty Coffee Association of America (SCAA – que desde 2017 se tornou SCA devido a junção com a SCAE), em 1982, que tinha o objetivo de alavancar a produção e o consumo desses cafés diferenciados que possuíam potencial elevado na expressão de aroma e sabor. Porém, o termo café especial foi usado pela primeira vez em 1974, por Erna Knutsen em uma edição do Tea & Coffee Trade Journal, para descrever justamente cafés diferenciados produzidos em microclimas específicos. Subseqüente, em uma conferência internacional de café em Montreuil, na França, Erna afirmou que cafés especiais são produzidos em microclimas geográficos especiais o que proporciona perfis sensoriais únicos a bebida (ABREU, 2015).

Na época da criação da SCA, o Brasil já era o maior produtor de café do mundo, porém, só alguns anos depois, em 1991, foi criada a Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, sigla em inglês) como organização brasileira especializada em promover cafés especiais.

Além da criação da BSCA, os primeiros anos da década de 90 foram marcantes de forma negativa para a produção cafeeira do Brasil, o preço da saca de café estava em queda, uma das consequências do fim dos Acordos Internacionais do Café (AICs) em 1989 do Instituto Brasileiro do Café (IBC) em 1990 (LEÃO, 2010). Com isso, inicia-se a produção de cafés especiais brasileiros, como uma alternativa de agregar valor à produção, e como fuga da crise dos cafés tradicionais, visto que o mesmo tem maior potencial em resistir melhor à crise (SCAA, 2016).

Segundo a SCA, os cafés especiais se diferem dos cafés comuns por não apresentarem defeitos como grão de café preto e ardido, grão colonizados por fungos, grãos com ataques severos de insetos, café em coco, impurezas e grãos imaturos (defeitos primários). São tolerados até cinco defeitos equivalentes de grãos de café parcialmente preto, ardido, café em pergaminho, mofado, imaturo, mal formado, concha, quebrado e grão brocado com ataque leve (defeitos secundários). Sensorialmente, o café especial deve apresentar uma pontuação mínima de 80 pontos com base em dez atributos sensoriais. Para quantificar a pontuação, existe uma escala de classificação de cafés especiais, avaliada e pontuada por juízes certificados (LINGLE, 2011). Essa classificação equivale a um café de bebida mole, de acordo com a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2003a).

É possível produzir cafés com características regionais de aroma e sabor e atender mercados de consumidores com exigências diversas (ALVES et al., 2011; BARBOSA et al., 2014; BORÉM et al., 2013), o Brasil apresenta grande potencial por contar com diferentes microrregiões produtoras, genótipos voltados para a qualidade, reconhecimento de padrões climáticos distintos que resultam diferentes sabores. Assim a cafeicultura brasileira avança continuamente, com novas cultivares lançadas frequentemente, tecnologias na pós-colheita cada vez mais sendo adotadas pelo produtor e exploração das diversas microrregiões com potencial de indicação geográfica.

## **2.2 O ambiente e a Indicação Geográfica para o café**

O Brasil é o maior produtor de café do mundo (Embrapa 2021), a produção dos cafés do Brasil ocupa a área de 1,82 milhão de hectares, sendo que 1,45 milhão são de café arábica e 375,99 mil de café conilon. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o Brasil é o quinto maior país do mundo, possui uma extensão territorial de 8.510.345 km<sup>2</sup>, dividido em 26 estados e o Distrito Federal. Além disso, no território brasileiro existem 6 biomas diferentes, sendo eles: Amazônia, Caatinga, Pantanal, Cerrado, Mata

Atlântica e Pampa, o que demonstra a biodiversidade presente no país (IBGE, 2021). Entre as matas, serras e planícies aqui encontradas, o café teve seu polo de produção alterado ao longo dos anos na história, concentrando assim em diferentes lugares. Hoje o café pode ser encontrado em diferentes regiões, mas nem todas elas são aptas para o cultivo das duas principais espécies *Coffea canephora* e *Coffea arábica* ao mesmo tempo, como acontece no Espírito Santo e, principalmente, na região do Alto do Caparaó (SIMÃO, 2021). Atualmente, as principais regiões produtoras de café Arábica se encontram nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, sendo Minas Gerais o principal estado produtor.

Entre os fatores ambientais que afetam a qualidade da bebida, um dos mais estudados é a altitude, pois ela influencia fortemente na mudança de temperatura; quanto maior a altitude, mais chances de ocorrer a criação de um microclima com temperaturas mais baixas. Temperaturas assim, mais amenas, adiam o amadurecimento dos frutos, possibilitando um maior acúmulo de compostos químicos e bioquímicos que são benéficos para a qualidade (VAAST et al., 2006). Alves et al. (2011) sintetizou a conclusão de alguns estudos que demonstravam que quanto maior a altitude analisada, mais qualidade obtiveram as amostras.

Hoje em dia o café Arábica se concentra na região sudeste, cada estado possui diferentes microrregiões dentro das suas limitações geográficas. Pesquisas recentes mostram a diferenciação dos cafés especiais, visto que variações edafoclimáticas entre diferentes lugares, expressam a qualidade do café de diferentes maneiras, podendo assim resultar em perfis sensoriais característicos (LUZ, 2014). Por exemplo, na região da Alta Mogiana em São Paulo, os cafés se destacam por apresentar corpo médio, acidez de média intensidade, aromas de erva-cidreira e capim-limão e finalização adocicada. Já no Sul de Minas o café apresenta-se encorpado, com acidez de média a fraca, de características cítrica e doçura. No Cerrado os cafés se caracterizam pelo aroma intenso com notas de chocolate, caramelo e nozes, acidez delicada, corpo moderado, sabor adocicado com finalização longa. Dessa forma, caracterizar os cafés com base em sua região e em suas características é um trabalho benéfico, tanto socialmente, como economicamente para os produtores, criando a possibilidade das Indicações Geográficas.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2022), “A Indicação Geográfica (IG) é um registro concedido a produtos ou serviços que são característicos do seu local de origem, resultando assim em uma identidade própria aos mesmos e distinguindo-os dos produtos ou serviços similares no mercado”. Eles possuem suas características e qualidades atreladas a sua procedência regional em função dos recursos naturais como vegetação, solo, clima e o saber fazer (Know-how ou savoir-faire). Essa especificidade torna esses produtos ou serviços únicos. As IGs são concedidas e registradas pelo Instituto Nacional de Propriedade

Industrial – INPI (2013) e são classificadas em Indicação de Procedência (IP) e Denominação de origem (DO).

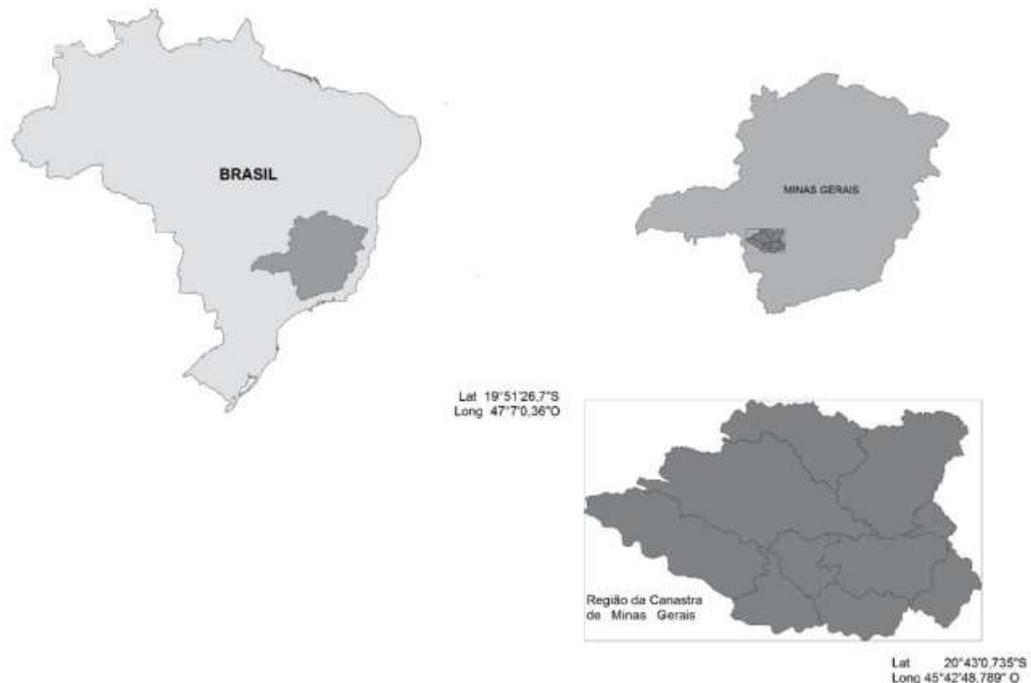
“Quando as características do serviço ou produto são exclusivas ou essencialmente ligadas ao meio geográfico, levando em conta fatores humanos, das pessoas que vivem no local e naturais do ambiente, é intitulado como Denominação de Origem, recebendo assim o nome geográfico da região, cidade ou país”. Nessa modalidade, é apresentado também a descrição das qualidades e as características do serviço ou produto que se destacam (MAPA, 2022). “Quando ocorre o reconhecimento como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou serviço de destaque por qualidade e o mesmo recebe o nome geográfico de país, cidade, região, ocorre a intitulação de Indicação de Procedência” (MAPA, 2022).

Diante disso, surgiram os primeiros trabalhos de Indicações Geográficas, sendo que, com o passar dos anos, o estreitamento das diferentes Indicações Geográficas na promoção do café especial é tido como essencial para suscitar políticas públicas voltadas para o setor visando a exportação e vendas. São Denominações de Origem para café: Caparaó (2021); Matas de Rondônia (2021); Mantiqueira de Minas (2020); Montanhas do Espírito santo (2021); Região do Cerrado Mineiro (2014 – antes era uma IP). E, as Indicações de Procedência: Alta Mogiana (2013); Campo das Vertentes (2020); Espírito santo (2021); Matas de Minas (2020); Oeste da Bahia (2019); Norte Pioneiro do Paraná (2012); Região de Pinhal (2016). Nessa perspectiva, a região da Serra da Canastra realizou o pedido ao INPI de reconhecimento de Denominação de Origem (DO).

### **2.3 A região da Canastra**

A microrregião da Canastra (Figura 1) está localizada na porção sul/sudoeste do estado de Minas Gerais, Brasil. Ela fica inserida em um retângulo envolvente com as coordenadas 19° 51' a 20° 43' de Latitude Sul e 45° 48' a 47° 70' de latitude Oeste. A região é conhecida pelo ecoturismo devido a sua riqueza natural, principalmente no parque nacional da Serra da Canastra, onde está localizada a nascente do Rio São Francisco.

**Figura 1** – Localização da Serra da Canastra - MG.



Fonte: Relatório Técnico de suporte para pedido de registro da denominação de origem para cafés da Canastra (2021).

A microrregião da Canastra apresenta uma grande variação de altitude. A altitude média é de 874 metros, a mínima é de 602 metros e a máxima de 1.500 metros, ou seja, uma diferença de 900 metros. Com relação às áreas com altitudes mais elevadas, normalmente associadas à produção de cafés de qualidade superior, observa-se que quase um terço das terras encontram-se acima de 1000 metros de altitude e quase 20% das terras estão acima de 1100 metros de altitude. Esta relação depende também da latitude e de aspectos locais sendo importante avaliar como o fenômeno da distribuição da qualidade se expressa na região do presente estudo.

O bioma que predomina na região da canastra é o Cerrado que tem clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco e ocorrência de duas estações: uma chuvosa (outubro a abril) e uma seca (maio a setembro) (DA SILVA, 2008). As temperaturas médias anuais variam de 18 °C a 22 °C (ALVES et al., 2011).

## 2.4 Genótipo e a qualidade do café

O genótipo tem um importante papel na determinação da qualidade da bebida do café, as características organolépticas são essencialmente determinadas pela base genética (TESSEMA et al., 2011).

Para a formação da base genética das cultivares comerciais no Brasil, 4 genótipos distintos foram usados (Borboun, Arabusta, Híbrido de Timor e Típica). A similaridade genética entre as cultivares comerciais dificulta a diferenciação (FAZUOLI et al. 2002). Porém, o melhoramento genético com o intuito de elevar a qualidade da bebida vem recebendo cada vez mais atenção nos programas de pesquisa.

Importantes órgãos como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a fundação Procafé, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e as Universidades contribuem muito para o avanço e fortalecimento da cafeicultura brasileira. Atualmente, segundo os arquivos do Registro Nacional de Cultivares (RNC), 132 cultivares de café Arábica estão disponíveis para o cultivo no país (BRASIL, 2020).

Na cidade de Patrocínio-MG, a EPAMIG instalou em 2005, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG), que conta com 1.596 acessos que, junto com outros bancos de germoplasmas, servem de base de variabilidade para o desenvolvimento de novas cultivares. O município de Patrocínio e a região da Canastra estão situados no mesmo bioma (bioma Cerrado) e podem apresentar resultados semelhantes no desenvolvimento das cultivares.

Entre as diversas cultivares encontradas no mercado, ao se tratar de qualidade, a cultivar Bourbon Amarelo é uma das mais antigas, originada a partir do cruzamento entre Bourbon Vermelho e Amarelo de Botucatu (IAC, 2021). Outra cultivares reconhecida pela qualidade e que também são encontradas no Cerrado são: a Catiguá MG2, que possui acidez elevada e bem equilibrada, nuances de sabor achocolatado e cítrico (MALTA et al., 2014). A MGS paraíso 2 possui aroma adocicado, acidez prazerosa, boa doçura, corpo aveludado, sabor de frutas vermelhas (MALTA et al., 2014). E outras cultivares que possuem em sua ascendência o Híbrido de Timor, comprovam que é possível a obtenção de cafés de excelente qualidade sensorial ao utilizar esse germoplasma como base (MALTA et al., 2019).

## 2.5 Processamento

A composição química dos grãos crus pode ser formada e influenciada por diversos fatores, sendo o processamento um fator importante, visto que durante esse processo ocorrem alterações metabólicas inerentes aos grãos que refletem em possíveis variações sensoriais (DIEGO et al., 2016; DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010b; BYTOF; SELMAR, 2006; SAATH et al., 2012).

O fruto de café é composto pelo exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem ou polpa), endocarpo (pergaminho), espermoderma (perisperma), endosperma e embriões. Para a preparação da bebida é utilizado o endosperma do café e até a obtenção dos grãos crus, aptos para serem torrados, é necessário a execução de uma série de etapas, sendo o processamento a etapa anterior a secagem e posterior à lavagem do café proveniente da lavoura. Nessa etapa em questão, o café pode ser processado de duas formas: ou por via-seca, ou por via-úmida. A escolha do tipo de processamento está ligada às condições climáticas locais durante a colheita e à disponibilidade de água no local de produção, pois o processamento via úmida utilizada água na maioria dos maquinários que conduzem esse processo mecânico (SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012).

No processamento via seca, os frutos são secados com todos seus componentes (exocarpo, mesocarpo e endocarpo). Já no processamento por via-úmida, podem ser produzidos cafés descascados, cafés despulpados e os cafés desmucilados. Os cafés descascados são obtidos a partir da retirada do exocarpo (casca) de forma mecânica, os cafés despulpados são obtidos quando a casca (exocarpo) é retirada de forma mecânica e a mucilagem (mesocarpo) é retirada através de fermentação biológica e os cafés desmucilados são obtidos quando a casca (exocarpo) e a mucilagem (mesocarpo) são retiradas de forma mecânica. Nesse processo o pergaminho permanece aderido aos grãos (BORÉM, 2008; DE MELO PEREIRA et al., 2019).

Os cafés processados por via úmida são mais agradáveis em aroma e acidez e são considerados mais limpos e brilhantes. Já os cafés processados por via seca são considerados mais complexos em sabor e aroma, possuem alta doçura, moderada acidez e um corpo mais acentuado (BYTOF; SELMAR; SCHIEBERLE, 2000; GHOSH; VENKATACHALAPATHY, 2014).

## 2.6 Análise sensorial

A análise sensorial é imprescindível quando se trata de cafés, junto com a avaliação física, ela determina as características que formam a qualidade do café. São esses parâmetros qualitativos que validam o preço do produto final e, portanto, o valor do café é acrescido consideravelmente com a melhoria da qualidade (CARVALHO et al., 1997).

O primeiro passo de uma análise sensorial é escolher qual metodologia será utilizada. Dentre as metodologias disponíveis para a avaliação, são utilizadas a classificação criada pela Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of América ou SCAA – hoje SCA) (LINGLE, 2011) e a Classificação Oficial brasileira (COB) (BRASIL, 2003a).

Ao se tratar de cafés especiais, segundo a SCA, a nota mínima deve atingir 80 pontos e além dessa nota global, as pontuações obtidas em cada um dos atributos que compõe o perfil sensorial do café são importantes, sendo eles: fragrância/aroma, uniformidade, defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, sabor residual, equilíbrio e impressão geral do café (atributos subjetivos). A somatória das notas individuais de todos os atributos constitui a nota final, que representa a qualidade global do café. Outra categoria de atributos é denominada como objetiva, representada pela uniformidade, xícara limpa e doçura. Além disso, as análises sensoriais são realizadas pelos juízes certificados que são degustadores treinados e habilitados pela SCA que passam por treinamentos específicos para a comprovação da percepção sensorial (LINGLE, 2011; SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION, 2018).

A COB também é conhecida como prova de xícara tradicional, que é muito utilizada para a classificação da bebida dos cafés commodities, classificando-os em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riado, rio e rio zona (BRASIL, 2003a). Esse tipo de avaliação é pouco utilizado para a análise sensorial de cafés especiais, pois não há um critério uniforme ou uma padronização de procedimentos para a sua realização, principalmente em relação à torração do café. Por fim, essa metodologia se baseia em poucos atributos, como ausência de defeitos, corpo e acidez (FEIRA-MORALES, 2002).

Dessa forma, a metodologia adotada pela SCA possibilita a identificação das principais características sensoriais existentes entre diferentes amostras de café, assim como a descrição das notas de aroma e sabor predominantes.

## 2.7 Análise discriminante

As técnicas multivariadas são consideradas importantes ferramentas estatísticas para o estudo da produção de café e a sua relação com diversas variáveis que interferem na formação do produto final (SANTOS, 2017). Uma dessas técnicas estatísticas, a análise discriminante, usada para classificar e separar objetos de uma população em duas ou mais classes e pode ser aplicada em conjunto com várias disciplinas científicas, como medicina, geologia, biologia, antropologia, entre outras (KHATTREE & NAIK, 2000).

O objetivo principal da análise é prever em qual grupo certa observação pertencerá. Para aplicar a técnica é necessário conhecer os grupos inicialmente e, assim, obter a função discriminante, que é uma combinação linear de variáveis que amplia a discriminação dos grupos descritos pelas categorias de determinada variável dependente. Dessa forma, as probabilidades de má classificação são diminuídas. Mas, existem regras de classificação que devem ser levadas em conta, primeiramente, se as variâncias das populações são iguais ou não. Se as variâncias das populações são iguais, as funções discriminantes são ditas lineares e quando não são iguais, são chamadas de funções discriminantes quadráticas.

Segundo Oliveira (2016), considerando a existência de  $n_1$  e  $n_2$  observações, descritas por um conjunto de  $w$  variáveis  $X_{11}; X_{12}; \dots; X_{1n_1}$  amostradas da população  $\pi_1$  e  $X_{21}; X_{22}; \dots; X_{2n_2}$  da população  $\pi_2$ , com o método Linear de Fisher, o objetivo é transformar as observações multivariadas  $X$  em observações univariadas  $Y$ , tal que  $Y$ 's nas populações  $\pi_1$  e  $\pi_2$  sejam separadas tanto quanto possível.

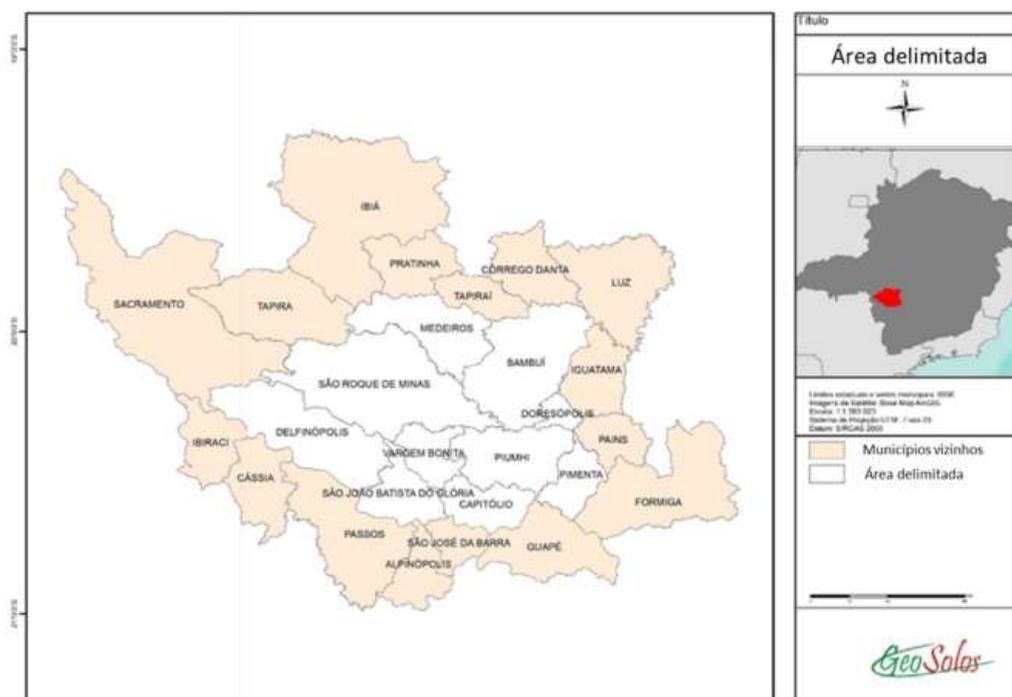
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta de amostras

Este trabalho compõe parte de um relatório técnico que solicita o registro de indicação geográfica, na modalidade denominação de origem, dos cafés da região da Canastra. Para essa finalidade, são necessárias fundamentações técnico-científicas que comprovem as relações entre as características sensoriais do café com as características do ambiente de produção.

Dessa forma, para atender as ações de pesquisa do presente estudo, foi delimitado uma microrregião com referência aos limites geopolíticos de 10 municípios (Figura 2) para os quais a cultura do café possui relevância econômica e social, além de serem potencialmente aptos para a produção sustentável de cafés especiais e por buscarem também a denominação de origem do café da Canastra. Estes municípios são: Doresópolis, Piumhi, Capitólio, Vargem Bonita, São Roque de Minas, Delfinópolis, Medeiros, Pimenta, Bambuí, São Joao Batista do Glória. A delimitação desses municípios representa uma área total de 882.685 ha, localizados nas mesorregiões geopolíticas Oeste de Minas e Sul/Sudoeste de Minas, do estado de Minas Gerais.

**Figura 2** – Mapa da região da Serra da Canastra – MG evidenciando os municípios que buscam a DO.



Fonte: Relatório Técnico de suporte para pedido de registro da denominação de origem para cafés da Canastra (2021).

Em 2020, foram coletadas amostras em 36 pontos geográficos distribuídos em toda a área de estudo conforme (Tabela 1). Em cada ponto foram levantados o material genético e a altitude declarados pelo produtor. Para cada amostra coletada foram usados três diferentes métodos de processamento: café natural (NAT), Cereja descascado (CD) e Cereja descascado e desmucilado (CDD). Para o ponto 10 foram utilizados apenas os processamentos NAT e CDD, para os pontos 14, 22 e 28 foram utilizados apenas os processamentos NAT e CD e para o ponto 36 foi utilizado apenas o processamento NAT, totalizando em 102 amostras.

**Tabela 1** – Delineamento amostral em função da variedade, cor do fruto, altitude e processamento.

<b>Amostra</b>	<b>Variedade</b>	<b>Cor do fruto</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Processamento</b>
1	Catuaí 144	Vermelho	1028	NAT, CD, CDD
2	Cautai 62	Amarelo	857	NAT, CD, CDD
3	Catuaí 144	Vermelho	830	NAT, CD, CDD
4	Topázio	AMARELO	881	NAT, CD, CDD
5	Catuaí 144	VERMELHO	855	NAT, CD, CDD
6	Catuacaí 24/137	AMARELO	851	NAT, CD, CDD
7	Catuaí 62	AMARELO	848	NAT, CD, CDD
8	Catuaí 24/137	AMARELO	898	NAT, CD, CDD
9	Mundo Novo	VERMELHO	902	NAT, CD, CDD
10	Catuaí	AMARELO	876	NAT, CDD
11	Catuaí 99	VERMELHO	837	NAT, CD, CDD
12	Catuaí 144	VERMELHO	837	NAT, CD, CDD
13	Catuaí 62	AMARELO	1055	NAT, CD, CDD
14	Aranã	VERMELHO	1041	NAT, CD
15	Catuaí 99	VERMELHO	1058	NAT, CD, CDD
16	Catuaí 144	VERMELHO	1043	NAT, CD, CDD
17	Topázio	AMARELO	1046	NAT, CD, CDD
18	Catuaí 62	AMARELO	1064	NAT, CD, CDD
19	Catuaí Multilinea	AMARELO	851	NAT, CD, CDD
20	Sabiá	VERMELHO	806	NAT, CD, CDD
21	Catuaí 144	VERMELHO	806	NAT, CD, CDD
22	Topázio	AMARELO	848	NAT, CD
23	Catuaí 62	AMARELO	946	NAT, CD, CDD
24	Catuaí 99	VERMELHO	818	NAT, CD, CDD
25	Catuaí 62	AMARELO	906	NAT, CD, CDD
26	Catuaí 99	VERMELHO	865	NAT, CD, CDD
27	Catuaí Multilinea	AMARELO	853	NAT, CD, CDD
28	Catuaí 6-30	AMARELO	841	NAT, CD
29	Bourbon Vermelho	VERMELHO	811	NAT, CD, CDD
30	Arara	AMARELO	1030	NAT, CD, CDD
31	IBC 12	VERMELHO	783	NAT, CD, CDD
32	Catuaí 62	AMARELO	840	NAT, CD, CDD
33	Catuaí 62	AMARELO	1185	NAT, CD, CDD
34	Catuaí 62	AMARELO	999	NAT, CD, CDD
35	Arara	AMARELO	783	NAT, CD, CDD
36	Icatu	AMARELO	1052	NAT

Fonte: Do autor (2022)

### 3.2 Obtenção das amostras

Os frutos foram colhidos no ponto máximo de maturação, para isso foi realizado a colheita manual seletiva, obtendo assim um produto mais homogêneo. Devido a diferença de maturação existente nos ramos, foram selecionados os ramos que possuíam a maioria dos frutos cereja. Após a colheita, os frutos não ficaram expostos ao sol, para que não houvesse riscos de perda de qualidade. Os frutos de café colhidos foram abanados com a finalidade de separar as impurezas mais leves (folhas e gravetos) dos frutos. As amostras foram transportadas assim que a coleta foi finalizada para dar sequência ao processamento, mas sempre respeitando o período máximo de 6 horas.

Com o objetivo de separar os frutos por massa específica, para garantir um lote mais uniforme, foi realizado a separação hidráulica. Através dela, foram removidas as impurezas que não foram retiradas na etapa anterior e também ocorreu a separação dos frutos mais densos (cereja e, eventualmente, verdes) dos menos densos (bóias). Após a separação por densidade houve uma seleção manual dos frutos cereja, de forma que foram retirados os frutos verde-cana e verdes que foram ocasionalmente colhidos.

Após a seleção manual dos frutos, foram separados 10 litros de café cereja natural (NAT), 10 litros de café cereja para descascar (CD) e 10 litros para desmucilar (CDD). No processamento natural, os frutos foram para a secagem em sua forma integral logo após separação hidráulica e catação manual. Nos frutos destinados ao processamento cereja descascado, o café descascado mecanicamente foi levado diretamente para a secagem. No processamento cereja descascado e desmucilado, o café descascado foi desmucilado mecanicamente e em seguida levado para a secagem.

Para secar tanto as amostras de cafés naturais, quanto as amostras de cafés descascados e desmucilados, foi utilizada a secagem combinada em leito suspenso até a meia seca e finalizada a secagem em secador de camada fixa. Em terreiro suspenso as amostras foram expostas ao sol em telas com moldura de madeira 1,00 x 0,50 metros, fabricadas em fios de polietileno. Os cafés naturais foram distribuídos em uma única camada de 14 L/m<sup>2</sup>, onde não foi realizado nenhum revolvimento no primeiro dia. A partir do momento em que o café não despolvava, foi realizado a 1ª dobra e iniciou-se o revolvimento, que ocorria 12 vezes por dia. Após 2 dias da 1ª dobra foi realizada a 2ª dobra e 2 dias após a 2ª dobra foi realizado a 3ª dobra. O número de vezes em que o café era revolvido ao longo do dia se manteve até atingir a meia seca. Os cafés descascados e desmucilados foram distribuídos em uma única camada de 7L/m<sup>2</sup>, desde o primeiro dia revolviam-se o café 16 vezes por dia, ações que continuaram até atingir a

meia seca. A 1ª dobra foi realizada quando o café descolou do pergaminho. Após 1 dia da 1ª dobra, realizou-se a 2ª dobra e 2 dias após a 2ª dobra foi realizada a 3ª dobra. Na secagem em secador de camada fixa, as amostras eram revolvidas a cada 30 minutos e a temperatura da massa de grãos era de no máximo 40°C. A secagem se deu por completa quando o teor de água dos grãos atingiu a faixa de 10,8% a 11,2% em base úmida.

Depois de secas, as amostras foram identificadas e acondicionadas em embalagens de papel kraft +plástico e armazenadas durante 30 dias em câmara fria (10°C, 50% UR). Em seguida, as amostras foram separadas quanto à forma e o tamanho. Foram utilizados somente os grãos chatos retidos nas peneiras 16,17 e 18. Posteriormente, todos os grãos imperfeitos defeituosos foram retirados da amostra. Após a separação e seleção da amostra, uma sub amostra de 300 gramas foi retirada para a torra.

### **3.3 Análise sensorial**

A análise sensorial foi realizada por 3 Juízes Certificados pela SCA com a utilização de uma ficha de análise sensorial modificada, de forma a promover melhor descrição dos atributos sensoriais do café e atender aos objetivos do trabalho que busca a Denominação de Origem para a Canastra.

Sendo assim, para caracterização do perfil sensorial, cada degustador realizou também a descrição qualitativa da bebida. Os descritores avaliados foram: aroma predominante; sabor predominante; tipo de acidez; tipo de corpo; tipo de finalização (curta, média ou longa); tipos de defeitos (riado, rio, rio zona, fermentado, ausente ou outros). Além disso, foram atribuídas notas, onde o degustador assinalava em uma escala vertical que abrangia notas no intervalo de 0 a 10 para os atributos: doçura, acidez, corpo, adstringência, amargo, finalização. Por último, o degustador atribuía a nota final da amostra que podia variar de 0 a 100.

A torra, moderadamente leve foi realizada em 100g de grãos de café peneira 16 e acima, o tempo de torração não foi inferior a 8 minutos ou superior a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação.

### **3.4 Análise estatística**

Para o estudo da dependência dos descritores sensoriais da bebida com a variedade, cor do fruto, altitude e processamento foi aplicada a Análise Discriminante (AD) utilizando o software R (R CORE TEAM, 2022).

Para a aplicação da AD, os resultados oriundos da avaliação realizada pelos provadores foram resumidos em um único valor para cada amostra. Assim, para as variáveis numéricas utilizou-se a média aritmética e, após a obtenção das médias, as variáveis foram categorizadas.

Com o objetivo de identificar um “ponto de corte” de delimitação entre as variáveis nota final e altitude foram criadas categorias para a aplicação da AD. A altitude foi categorizada em diferentes faixas para a aplicação da Análise Discriminante e para posterior comparação entre as altitudes. Sendo assim, a estratificação realizada foi: abaixo de 900 m, entre 900 e 999 m e acima de 1000 m, realizada com base nas altitudes existentes dos pontos geográficos do trabalho, visto que as altitudes das lavouras em questão variam entre 783 m e 1185 m. Além da categorização da altitude, para as notas sensoriais foram criadas 6 categorias (Acima ou abaixo de 80 pontos, acima ou abaixo de 81 pontos, acima ou abaixo de 82 pontos, acima ou abaixo de 83 pontos, acima ou abaixo de 84 pontos, acima ou abaixo de 85 pontos). Dessa forma, em função das notas de corte obtidas com a análise sensorial, aplicou-se a Análise Discriminante Linear de Fisher, na qual o preditor linear foi construído em função das variáveis variedade, altitude categorizada, processamento, tipo de café (categorias das notas).

### 3.5 Avaliação do método de classificação

Para avaliar a acurácia na classificação de dados, foi utilizado a tabela verdade, que segundo Congalton (1991) é uma das técnicas mais utilizadas. Ela possibilita a verificação do desempenho de um algoritmo e é uma das formas de apresentar a classe real e a classe prevista pelo modelo, como mostra a Tabela 2

**Tabela 2** – Tabela Verdade

Predito	Real		
	Positivo	Negativo	
Positivo	Verdadeiro Positivo (VP) Sensibilidade	Falso Positivo (FP) Erro tipo I ( $\alpha$ )	Preditos Positivos
Negativo	Falso Negativo (FN) Erro tipo II ( $\beta$ )	Verdadeiro Negativo (VN) Especificidade	Preditos Negativos

Fonte: Oliveira (2016)

Segundo Oliveira (2016) existem dois tipos de erros que podem acontecer. O primeiro é a taxa de Falso Positivo (FP), equivalente à taxa de erro tipo I, onde rejeita-se a hipótese

apresentada sobre determinado fato, quando a mesma é verdadeira. Num teste de hipóteses, a probabilidade de se cometer um erro do tipo I é denominada significância e é representada por  $\alpha$ . Já o erro de tipo II acontece quando a análise estatística não rejeita a hipótese, mas a hipótese é falsa. Esse erro é representado na tabela como a taxa de falsos negativos (FN) e é retratado por  $\beta$ . A taxa de Verdadeiro Positivo (VP) é definida como o poder do teste, dado por  $1 - \beta$ , e equivale à sensibilidade (SENS) do modelo. E a taxa de Verdadeiro negativo (VN), dada por  $1 - \alpha$  que é equivalente à especificidade (ESPEC).

A sensibilidade mede a proporção de positivos reais e é calculada da seguinte forma:

$$SENS = \frac{VP}{VP+FN} \quad (1)$$

A especificidade mede a proporção de verdadeiros negativos, ou seja, avalia a capacidade de um indivíduo não pertencer a uma classe dado que ele realmente não pertence, e é calculada da seguinte forma:

$$ESPEC = \frac{VN}{VN+FP} \quad (2)$$

A acurácia é a proporção de observações que foram classificadas corretamente pelo classificador em um conjunto de dados e é calculada da seguinte forma:

$$ACC = \frac{VP+VN}{VP+FP+VN+FN} \quad (3)$$

Por fim, pelo complementar da proporção de observações que foram devidamente classificados, tem-se o erro total:

$$Erro = \frac{FP+FN}{VP+FP+VN+FN} \quad (4)$$

### 3.6 Teste Exato de Fisher

Com o objetivo de caracterizar o comportamento das notas sensoriais obtidas na análise sensorial e a sua relação com as variáveis em questão analisadas na Análise Linear Discriminante, foi realizado o Teste Exato de Fisher, que realiza o teste exato de independência de linhas e colunas em uma tabela de contingência com as margens fixas. Para verificar se há significância estatística entre a variável que está sendo analisada e as notas sensoriais, considerou o valor de significância 5%. Resultados acima de 5%, significa não haver associação entre as variáveis. No presente estudo o teste de Fisher foi realizado utilizando a função

*fisher.test* do pacote *stats* do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2022). Os gráficos foram realizados com o pacote *ggstatsplot* e *ggplot2* do programa estatístico R.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frequência e a avaliação da classificação das observações para cada problema exposto de acordo com a variável dependente são apresentadas nas Tabelas 3 a 8. Nesses casos, a tabela verdade foi modificada, o positivo (Tabela 2) assume como acima da pontuação em questão e o negativo (Tabela 2) assume como abaixo da pontuação em questão. Além disso foi adicionado a acurácia do cenário estipulado.

Na Tabela 3 estão indicados os resultados obtidos para a categorização acima ou abaixo de 80 pontos. Nota-se que das 98 amostras obtidas com nota final acima de 80 pontos, o modelo predisse 95 amostras, apresentando assim a sensibilidade de 96,94%. Das 4 amostras que foram descritas como abaixo de 80 pontos, o modelo predisse 2, obtendo a especificidade de 50%. Dessa forma, para a categorização acima ou abaixo de 80 pontos, o modelo apresentou 95,10% de acurácia.

**Tabela 3** – Contagem de verdadeiros positivos, falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos em referência à classificação de notas acima ou abaixo de 80,00 pontos usando o classificador gerado pela análise discriminante de Fisher e a acurácia do modelo (%).

Predição	Observado		Total
	Acima de 80,00	Abaixo de 80,00	
Acima de 80,00	95	2	97
Abaixo de 80,00	3	2	5
Total	98	4	102
Acurácia			95,10%

Fonte: Do autor (2022).

Na Tabela 4 estão indicados os resultados obtidos para a categorização acima ou abaixo de 81 pontos. Nota-se que das 90 amostras obtidas com nota final acima de 81 pontos, o modelo predisse 86 amostras, apresentando assim a sensibilidade de 95,56%. Das 12 amostras que foram descritas como abaixo de 81 pontos, o modelo predisse 7, obtendo a especificidade de 58.33%. Dessa forma, para a categorização acima ou abaixo de 81 pontos, o modelo apresentou 90,19% de acurácia.

**Tabela 4** – Contagem de verdadeiros positivos, falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos em referência à classificação de notas acima ou abaixo de 81,00 pontos usando o classificador gerado pela análise discriminante de Fisher e a acurácia do modelo (%).

Predição	Observado		Total
	Acima de 81,00	Abaixo de 81,00	
Acima de 81,00	86	5	91
Abaixo de 81,00	4	7	11
Total	90	12	102
Acurácia			90,19%

Fonte: Do autor (2022).

Na Tabela 5 estão indicados os resultados obtidos para a categorização acima ou abaixo de 82 pontos. Nota-se que das 75 amostras obtidas com nota final acima de 82 pontos, o modelo predisse 69 amostras, apresentando assim a sensibilidade de 92,00%. Das 27 amostras que foram descritas como abaixo de 82 pontos, o modelo predisse 18, obtendo a especificidade de 66,67%. Dessa forma, para a categorização acima ou abaixo de 82 pontos, o modelo apresentou 85,29% de acurácia.

**Tabela 5** – Contagem de verdadeiros positivos, falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos em referência à classificação de notas acima ou abaixo de 82,00 pontos usando o classificador gerado pela análise discriminante de Fisher e a acurácia do modelo (%).

Predição	Observado		Total
	Acima de 82,00	Abaixo de 82,00	
Acima de 82,00	69	9	77
Abaixo de 82,00	6	18	25
Total	75	27	102
Acurácia			85,29%

Fonte: Do autor (2022).

Na Tabela 6 estão indicados os resultados obtidos para a categorização acima ou abaixo de 83 pontos. Nota-se que das 55 amostras obtidas com nota final acima de 83 pontos, o modelo predisse 40 amostras, apresentando assim a sensibilidade de 72,73%. Das 47 amostras que foram descritas como abaixo de 83 pontos, o modelo predisse 33, obtendo a especificidade de 70,21%. Dessa forma, para a categorização acima ou abaixo de 83 pontos, o modelo apresentou 71,57% de acurácia.

**Tabela 6** – Contagem de verdadeiros positivos, falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos em referência à classificação de notas acima ou abaixo de 83,00 pontos usando o classificador gerado pela análise discriminante de Fisher e a acurácia do modelo (%).

Predição	Observado		Total
	Acima de 83,00	Abaixo de 83,00	
Acima de 83,00	40	14	54
Abaixo de 83,00	15	33	48
Total	55	47	102
Acurácia			71,57%

Fonte: Do autor (2022).

Na Tabela 7 estão indicados os resultados obtidos para a categorização acima ou abaixo de 84 pontos. Nota-se que das 36 amostras obtidas com nota final acima de 84 pontos, o modelo predisse 21 amostras, apresentando assim a sensibilidade de 58,33%. Das 66 amostras que foram descritas como abaixo de 84 pontos, o modelo predisse 56, obtendo a especificidade de 84,85%. Dessa forma, para a categorização acima ou abaixo de 84 pontos, o modelo apresentou 75,49% de acurácia.

**Tabela 7** – Contagem de verdadeiros positivos, falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos em referência à classificação de notas acima ou abaixo de 84,00 pontos usando o classificador gerado pela análise discriminante de Fisher e a acurácia do modelo (%).

Predição	Observado		Total
	Acima de 84,00	Abaixo de 84,00	
Acima de 84,00	21	10	31
Abaixo de 84,00	15	56	71
Total	36	66	102
Acurácia			75,49%

Fonte: Do autor (2022).

Na Tabela 8 estão indicados os resultados obtidos para a categorização acima ou abaixo de 85 pontos. Nota-se que das 21 amostras obtidas com nota final acima de 85 pontos, o modelo predisse 8 amostras, apresentando assim a sensibilidade de 38,09%. Das 81 amostras que foram descritas como abaixo de 85 pontos, o modelo predisse 80, obtendo a especificidade de 98,76%. Dessa forma, para a categorização acima ou abaixo de 85 pontos, o modelo apresentou 86,27% de acurácia.

**Tabela 8** – Contagem de verdadeiros positivos, falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos em referência à classificação de notas acima ou abaixo de 85,00 pontos usando o classificador gerado pela análise discriminante de Fisher e a acurácia do modelo (%).

Predição	Observado		Total
	Acima de 85,00	Abaixo de 85,00	
Acima de 85,00	8	1	9
Abaixo de 85,00	13	80	93
Total	21	81	102
Acurácia			86,27%

Fonte: Do autor (2022).

De acordo com todos os resultados expressos nas Tabelas 3 a 8, foi construída a Tabela 9, a fim de exemplificar a sensibilidade, a especificidade, o “verdadeiro positivo predito”, o “falso negativo predito”, a taxa de erro e a acurácia de todos os cenários adotados no presente trabalho:

**Tabela 9** – Taxas de sensibilidade, especificidade, verdadeiro positivo predito, falso negativo predito e a acurácia para as notas acima ou abaixo de 80, 81, 82, 83, 84 e 85 pontos (%).

	Acima ou abaixo de 80,00	Acima ou abaixo de 81,00	Acima ou abaixo de 82,00	Acima ou abaixo de 83,00	Acima ou abaixo de 84,00	Acima ou abaixo de 85,00
Sensibilidade	96,94%	95,56%	92,00%	72,73%	58,33%	38,09%
Especificidade	50,00%	58,33%	66,67%	70,21%	84,85%	98,76%
Verdadeiro positivo predito	97,94%	94,51%	88,46%	74,07%	67,74%	88,88%
Falso negativo predito	40,00%	63,64%	75,00%	68,75%	78,87%	86,02%
Taxa de erro	4,90%	8,82%	14,71 %	28,43%	24,51%	13,73%
Acurácia	95,10%	91,18%	85,29%	71,57%	75,49%	86,27%

Fonte: Do autor (2022).

Devido a distribuição das notas, nota-se que a sensibilidade diminuiu a medida que a nota de corte aumentava, visto que existem poucas notas abaixo de 80,00 pontos, ou seja, há maior possibilidade de uma nota pertencer a classe de notas acima de 80,00 pontos, quando ela realmente pertence à classe de notas acima de 80,00 pontos.

A especificidade aumentou com o aumento das “notas de corte” da análise sensorial, pois aumentou a proporção de notas preditas como abaixo da nota estipulada e que realmente eram abaixo da nota estipulada (“verdadeiro negativo – VN”). Existem poucas notas abaixo de 80,00 pontos e muitas notas abaixo de 85,00 pontos.

A acurácia é maior nos modelos com as “notas de corte” de 80 e 81, visto que os cafés abaixo das devidas notas estão em quantidades bem menores quando comparado aos cafés superiores às respectivas notas, por exemplo, ao analisar notas acima ou abaixo de 80 pontos, identificou-se que o grupo de cafés com notas abaixo de 80 pontos é bem menor que o grupo de cafés com notas acima de 80 pontos. As 3 “notas de corte” onde a Acurácia foi menor (acima ou abaixo de 84,00 pontos, acima ou abaixo de 83,00 pontos, acima ou abaixo de 82,00 pontos) são onde os cafés estão mais bem distribuídos, ou seja, há uma boa quantidade de cafés acima de uma pontuação específica, como também uma boa quantidade de cafés abaixo da mesma pontuação em específica comparada.

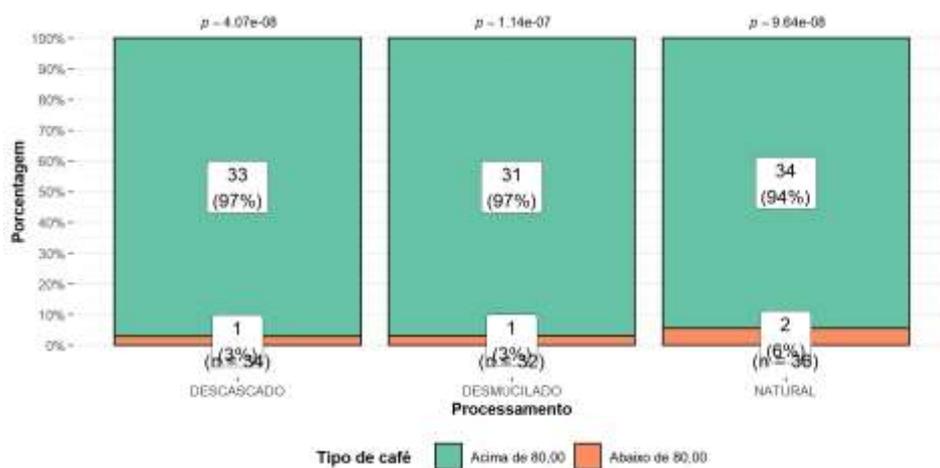
A taxa de erro aumenta até certo ponto com o aumento das notas de corte, depois ela diminui, seguindo a mesma linha de lógica que a acurácia, a única coisa diferente é que elas são inversas, quando a acurácia aumenta, a taxa de erro cai.

#### 4.1 Frequências reais dos resultados obtidos na análise sensorial

Então foi realizado a análise exploratória do comportamento das notas dos cafés resultantes da análise sensorial, em relação ao tipo de processamento adotado na pós-colheita e em relação a altitude categorizada, para os 3 cenários que tiveram a maior acurácia e menor taxa de erro, sendo, respectivamente, notas acima ou abaixo de 80, notas acima ou abaixo de 81 e notas acima ou abaixo de 85.

A Figura 3 apresenta a tabela de contingência do teste Tipo de café (notas acima ou abaixo de 80,00 pontos) pelo Processamento.

**Figura 3** – Análise exploratória das frequências das notas sensoriais obtidas em relação ao tipo de café processado no cenário de cafés acima ou abaixo de 80,00 pontos.

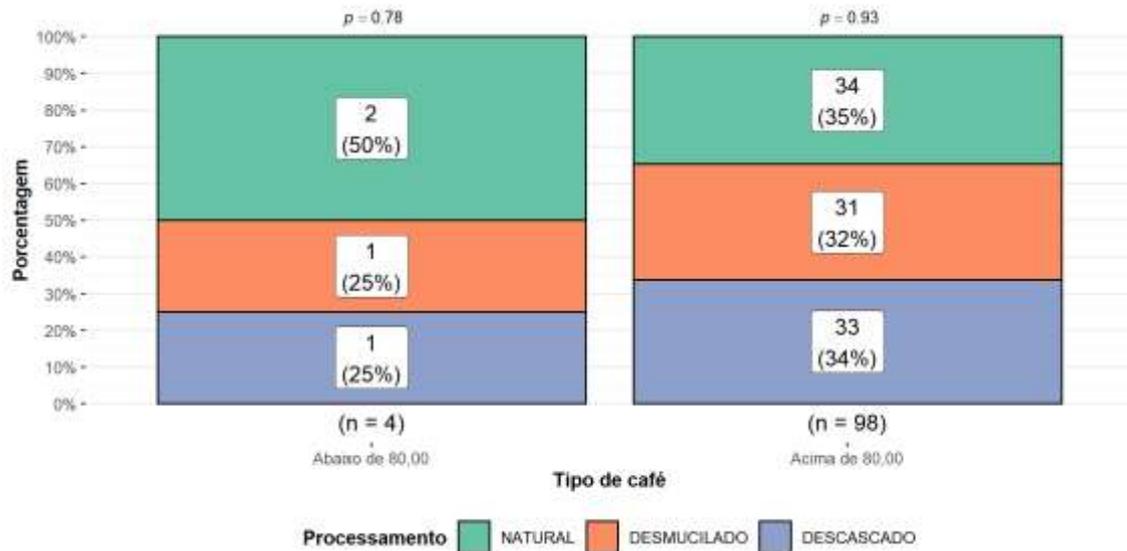


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 3, nota-se que 34 (94%) dos cafés tiveram notas acima de 80,00 pontos e 2 (6%) tiveram notas abaixo de 80,00 pontos na avaliação sensorial dos cafés naturais, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $9,64 \times 10^{-8}$ ), na avaliação sensorial dos cafés desmucilados, 31 (97%) dos cafés tiveram notas acima de 80,00 pontos e 1 (3%) teve nota abaixo de 80,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $1,14 \times 10^{-7}$ ) e na avaliação de sensorial dos cafés descascados, 33 (97%) dos cafés tiveram notas acima de 80,00 pontos e 1 (3%) teve nota abaixo de 80,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $4,07 \times 10^{-8}$ ).

A Figura 4 apresenta a tabela de contingência do teste Processamento pelo Tipo de café (notas acima ou abaixo de 80,00 pontos).

**Figura 4** – Análise exploratória das frequências do tipo de café processado em relação as notas sensoriais finais no cenário de cafés acima ou abaixo de 80,00 pontos.

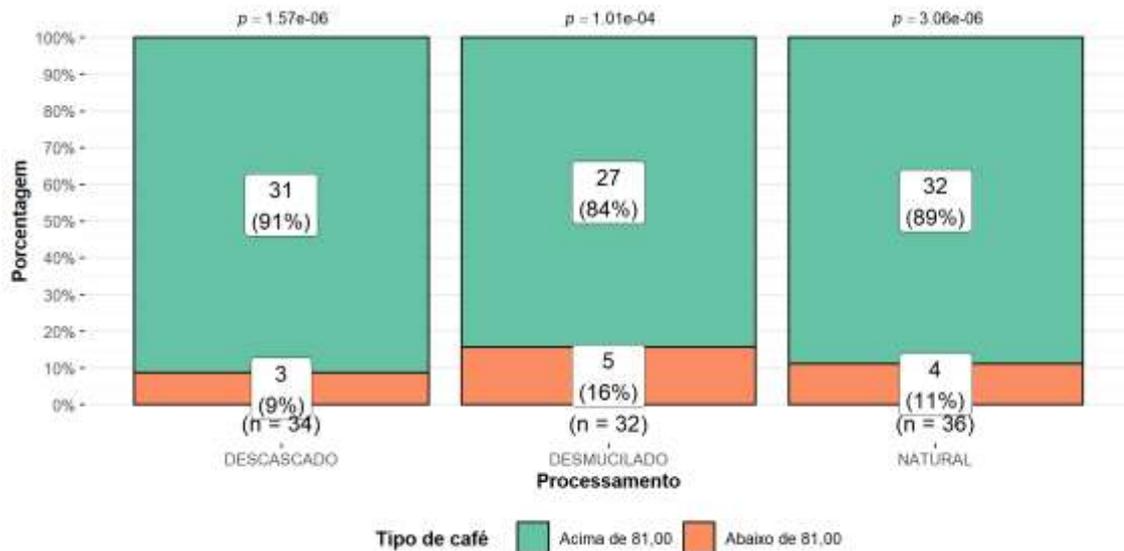


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 4, nota-se que 34 (35%) dos cafés eram naturais, 31 (32%) desmucilados, 33(34%) eram descascados, indicando que não houve diferença significativa entre todos os cafés que tiveram notas acima de 80,00 pontos (valor-p = 0,93), entre todos os cafés que tiveram notas abaixo de 80,00 pontos 2 (50%) era natural, 1 (25%) era desmucilado, 1 (25%) era descascado indicando que não houve diferença significativa (valor-p = 0,78).

A Figura 5 apresenta a tabela de contingência do teste Tipo de café (notas acima ou abaixo de 81,00 pontos) pelo Processamento.

**Figura 5** – Análise exploratória das frequências das notas sensoriais obtidas em relação ao tipo de café processado no cenário de cafés acima ou abaixo de 81,00 pontos.

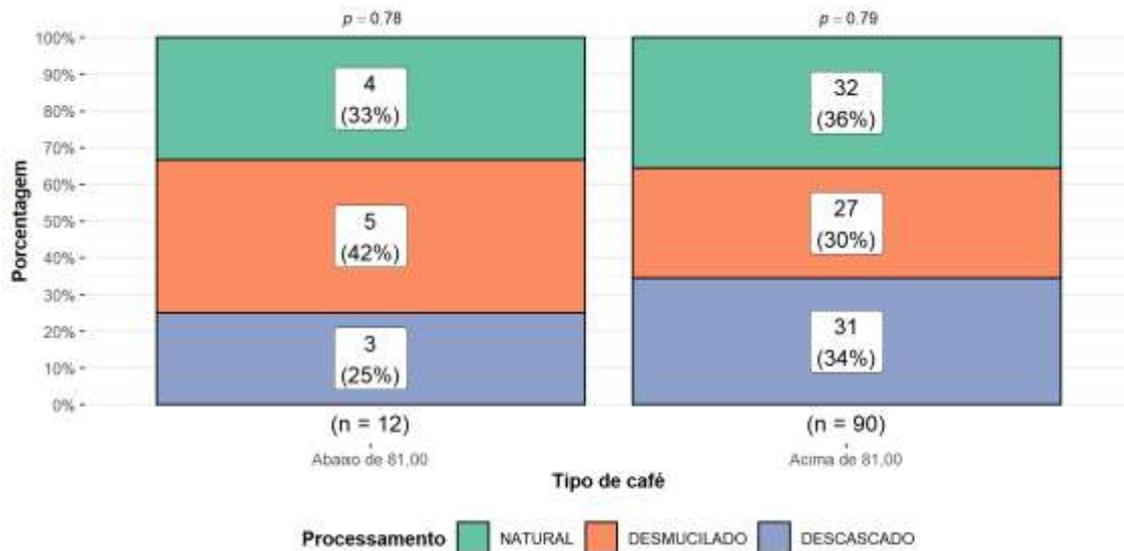


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 5, nota-se que 32 (89%) dos cafés tiveram notas acima de 81,00 pontos e 4 (11%) tiveram notas abaixo de 81,00 pontos na avaliação sensorial dos cafés naturais, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $3,06 \times 10^{-6}$ ), na avaliação sensorial dos cafés desmucilados, 27 (84%) dos cafés tiveram notas acima de 81,00 pontos e 5 (16%) tiveram notas abaixo de 81,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $1,01 \times 10^{-4}$ ) e na avaliação de sensorial dos cafés descascados, 31 (91%) dos cafés tiveram notas acima de 81,00 pontos e 3 (9%) tiveram notas abaixo de 81,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $1,57 \times 10^{-6}$ ).

A Figura 6 apresenta a tabela de contingência do teste Processamento pelo Tipo de café (notas acima ou abaixo de 81,00 pontos).

**Figura 6** – Análise exploratória das frequências do tipo de café processado em relação as notas sensoriais finais no cenário de cafés acima ou abaixo de 81,00 pontos.

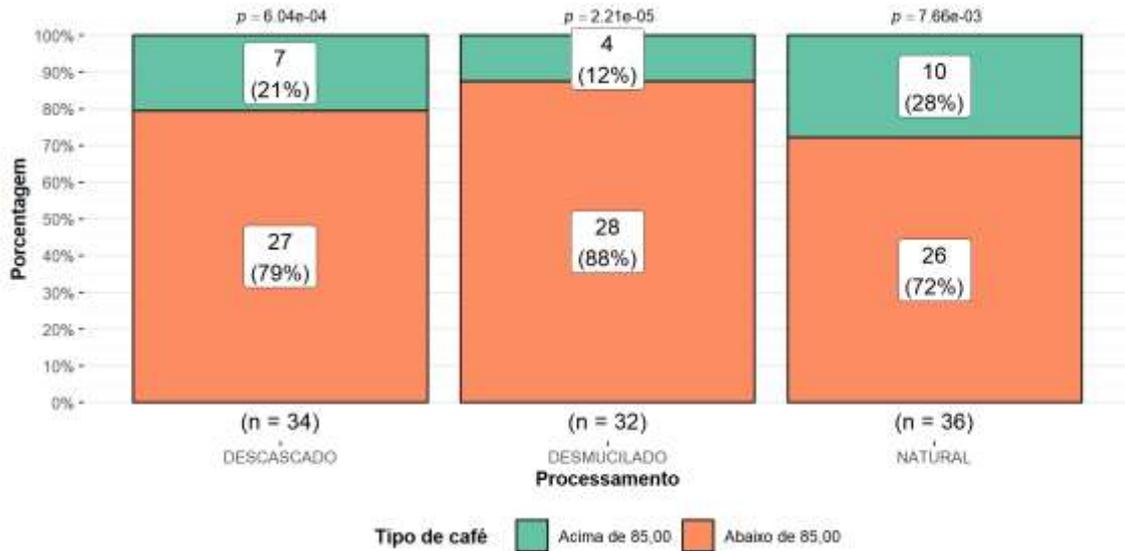


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 6, nota-se que 32 (36%) dos cafés eram naturais, 27 (30%) desmucilados, 31(34%) eram descascados, indicando que não houve diferença significativa entre todos os cafés que tiveram notas acima de 81,00 pontos (valor-p = 0,79), entre todos os cafés que tiveram notas abaixo de 81,00 pontos 4 (33%) eram naturais, 5 (42%) eram desmucilados, 3(25%) eram descascados, indicando que não houve diferença significativa (valor-p = 0,78).

A Figura 7 apresenta a tabela de contingência do teste Tipo de café (notas acima ou abaixo de 85,00 pontos) pelo Processamento.

**Figura 7** – Análise exploratória das frequências das notas sensoriais obtidas em relação ao tipo de café processado no cenário de cafés acima ou abaixo de 85,00 pontos.

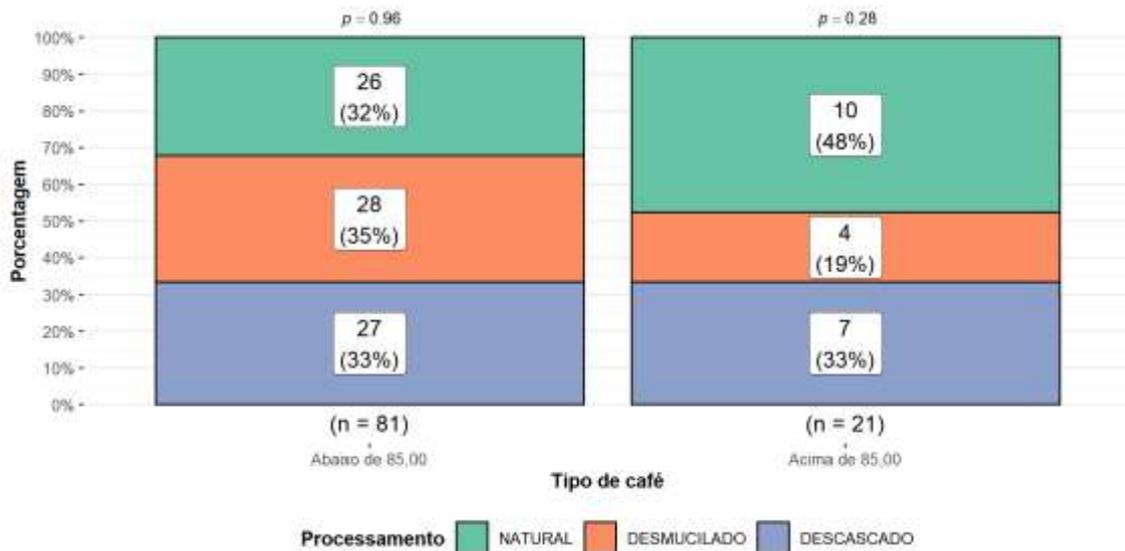


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 7, nota-se que 10 (28%) dos cafés tiveram notas acima de 85,00 pontos e 26 (72%) tiveram notas abaixo de 85,00 pontos na avaliação sensorial dos cafés naturais, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $7,66 \times 10^{-3}$ ), na avaliação sensorial dos cafés desmucilados, 4 (12%) dos cafés tiveram notas acima de 85,00 pontos e 28 (88%) tiveram notas abaixo de 85,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $2,21 \times 10^{-5}$ ) e na avaliação de sensorial dos cafés descascados, 7 (21%) dos cafés tiveram notas acima de 85,00 pontos e 27 (79%) tiveram notas abaixo de 85,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro do tipo de processamento adotado (valor-p =  $6,04 \times 10^{-4}$ ).

A Figura 8 apresenta a tabela de contingência do teste Processamento pelo Tipo de café (notas acima ou abaixo de 85,00 pontos).

**Figura 8** – Análise exploratória das frequências do tipo de café processado em relação as notas sensoriais finais no cenário de cafés acima ou abaixo de 85,00 pontos.



Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 8, nota-se que 10 (48%) dos cafés eram naturais, 4 (19%) desmucilados, 7 (33%) eram descascados, indicando que não houve diferença significativa entre todos os cafés que tiveram notas acima de 85,00 pontos (valor-p = 0,28), entre todos os cafés que tiveram notas abaixo de 85,00 pontos 26 (32%) eram naturais, 28 (35%) eram desmucilados, 27 (33%) eram descascados, indicando que não houve diferença significativa (valor-p = 0,96).

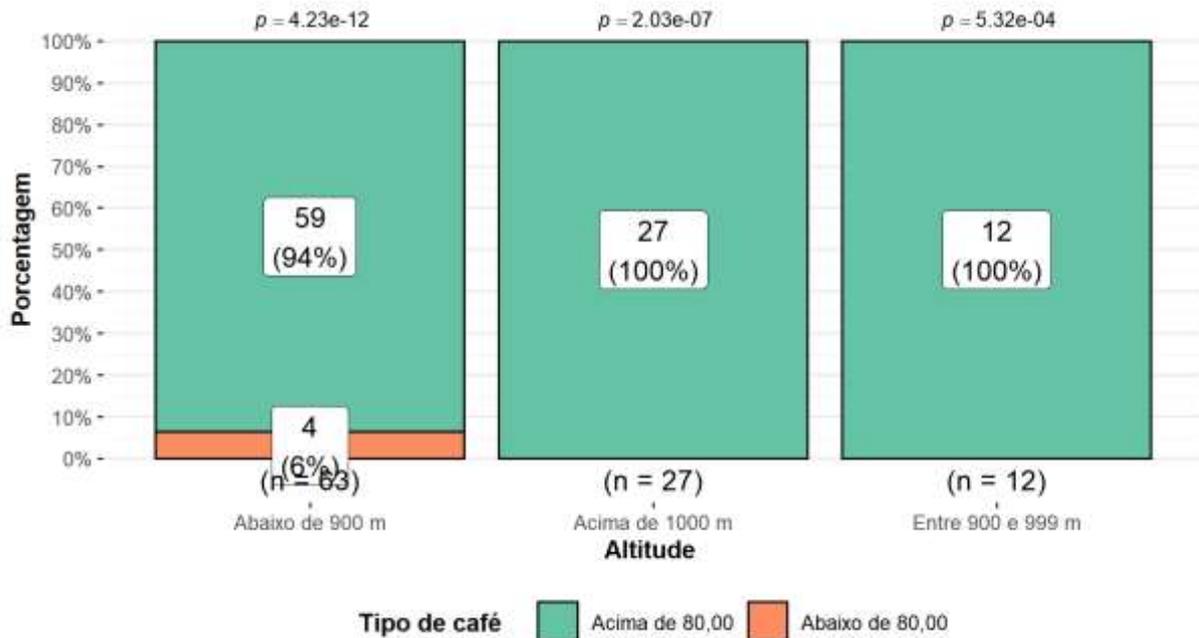
Ao analisar as Figuras 3 a 8, percebe-se que o tipo de processamento dentro de cada nota de corte (80, 81, e 85) não teve diferença significativa nas frequências observadas.

Quando se compara as notas dentro de cada tipo de processamento, para os cafés descascados, desmucilados e natural a frequência observada foi maior nas notas de corte 80 e 81. Houve mais notas acima de 80 e 81, do que notas abaixo.

Quando se compara as notas dentro de cada tipo de processamento, para o caso das notas acima ou abaixo de 85, obteve mais frequências abaixo de 85 do que acima.

A Figura 9 apresenta a tabela de contingência do teste Tipo de café (notas acima ou abaixo de 80,00 pontos) pela a altitude categorizada.

**Figura 9** – Análise exploratória das frequências das notas sensoriais obtidas em relação a altitude categorizada no cenário de cafés acima ou abaixo de 80,00 pontos.

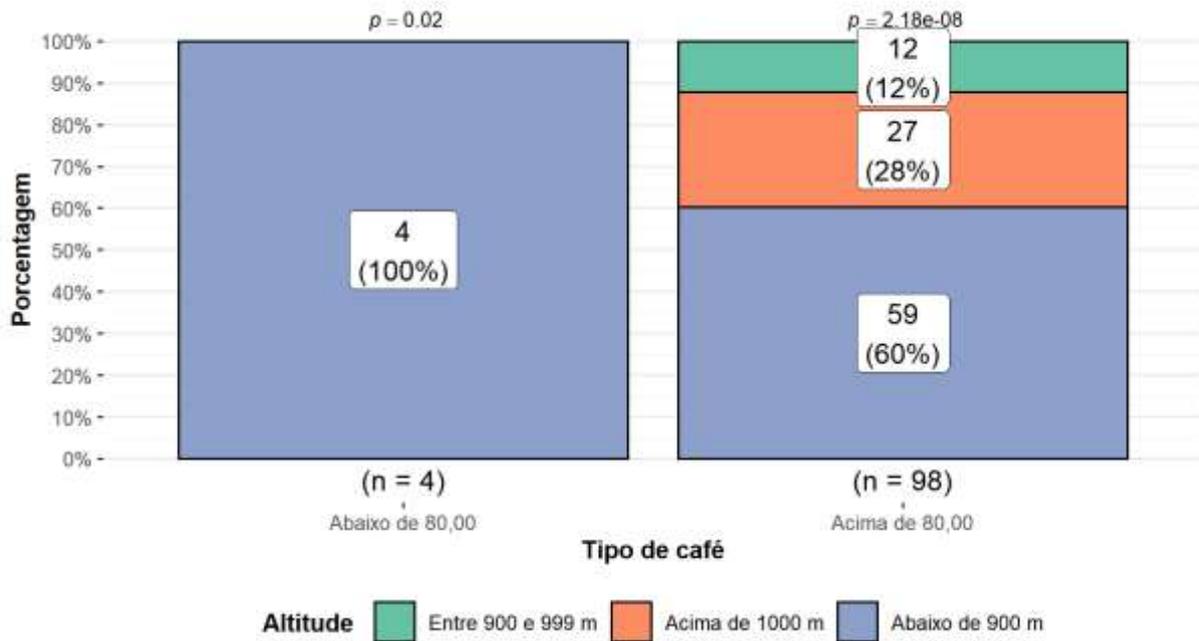


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 9, nota-se que 12 (100%) dos cafés tiveram notas acima de 80,00 pontos e 0 (0%) tiveram notas abaixo de 80,00 pontos, entre todos os cafés localizados na faixa de altitude entre 900 e 999 m, indicando que houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $5,32 \times 10^{-4}$ ), na avaliação sensorial dos cafés localizados na faixa de altitude acima de 1000 m, 27 (100%) dos cafés tiveram notas acima de 80,00 pontos e 0 (0%) tiveram notas abaixo de 80,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $2,03 \times 10^{-7}$ ) e na avaliação de sensorial dos cafés localizados na faixa de altitude abaixo de 900 m, 59 (94%) dos cafés tiveram notas acima de 80,00 pontos e 4 (6%) tiveram notas abaixo de 80,00 pontos, indicando houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $4,23 \times 10^{-12}$ ).

A Figura 10 apresenta a tabela de contingência da altitude categorizada (entre 900 e 999 m, acima de 1000 m e abaixo de 900 m) pelo tipo de café.

**Figura 10** – Análise exploratória das frequências da altitude categorizada de cada café em relação as notas sensoriais finais no cenário de cafés acima ou abaixo de 80,00 pontos.

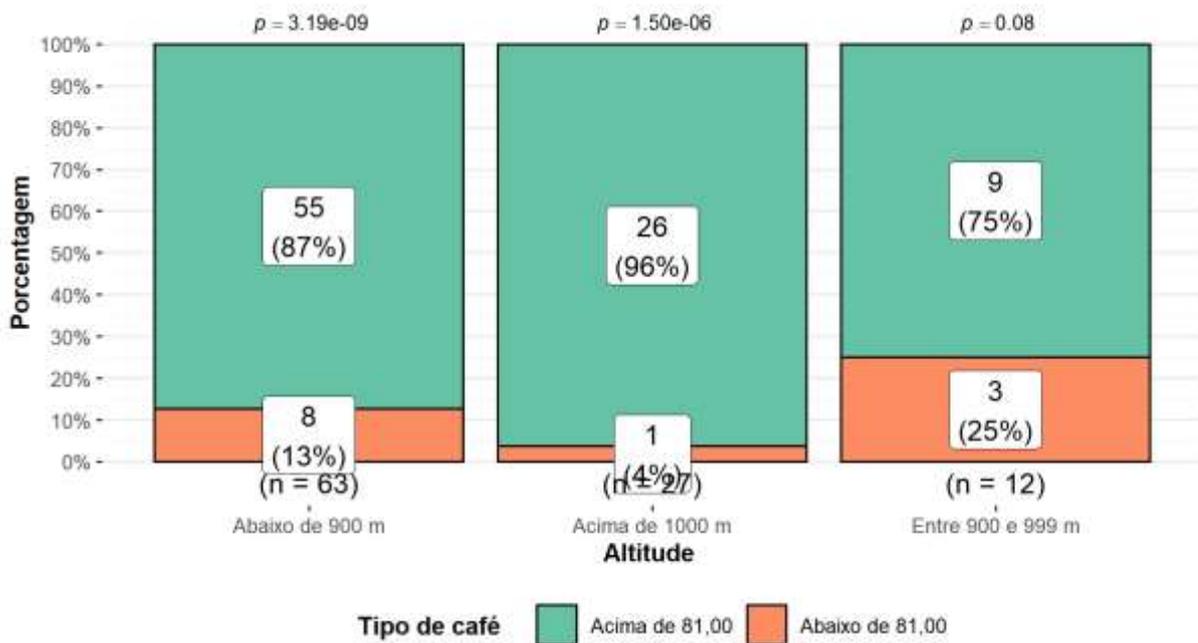


Fonte: Do autor (2022).

Observando a Figura 10, nota-se que 12 (12%) dos cafés estavam na faixa de altitude categorizada entre 900 e 999 m, 27 (28%) estavam na faixa de altitude categorizada acima de 1000 m, 59 (60%) estavam na faixa de altitude categorizada abaixo de 900 m, indicando que houve diferença significativa entre todos os cafés que tiveram notas acima de 80,00 pontos (valor-p =  $2,18 \times 10^{-8}$ ), entre todos os cafés que tiveram notas abaixo de 80,00 pontos, 0 (0%) dos cafés estavam na faixa de altitude categorizada entre 900 e 999 m, 0 (0%) estavam na faixa de altitude categorizada acima de 1000 m e 4 (100%) estavam na faixa de altitude categorizada abaixo de 900 m, indicando que houve diferença significativa (valor-p = 0,02).

A Figura 11 apresenta a tabela de contingência do teste Tipo de café (notas acima ou abaixo de 81,00 pontos) pela a altitude categorizada.

**Figura 11** – Análise exploratória das frequências das notas sensoriais obtidas em relação a altitude categorizada no cenário de cafés acima ou abaixo de 81,00 pontos.

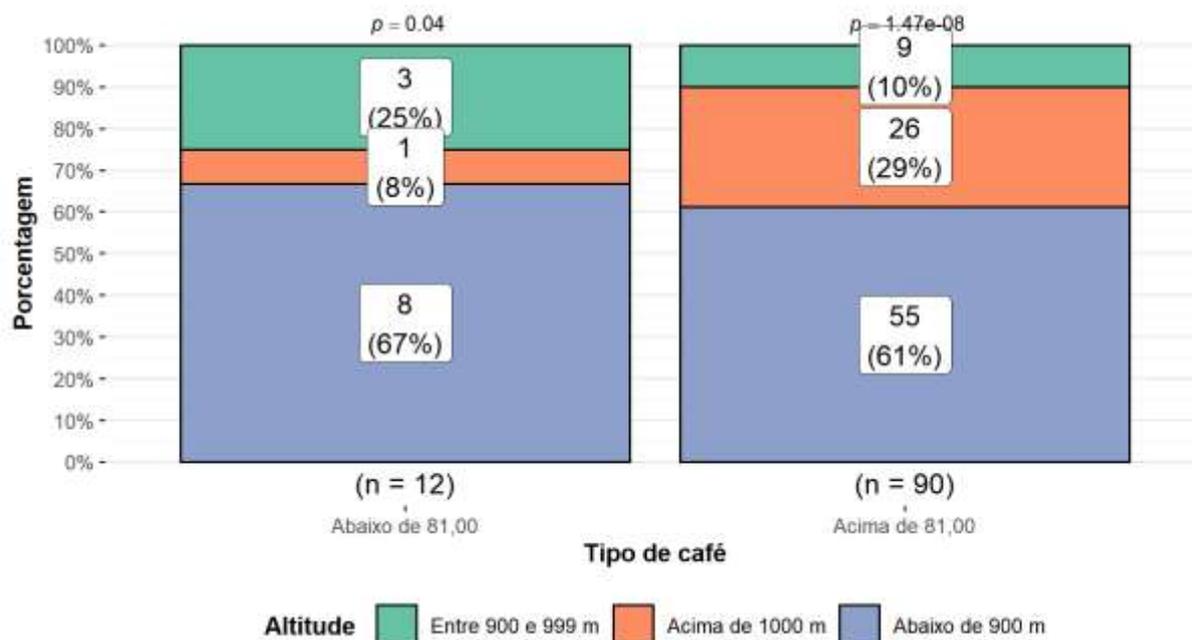


Fonte: Do autor (2022).

Ao observar a Figura 11, nota-se que 9 (75%) dos cafés tiveram notas acima de 81,00 pontos e 3 (25%) tiveram notas abaixo de 81,00 pontos, entre todos os cafés localizados na faixa de altitude entre 900 e 999 m, indicando que não houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p = 0,08), na avaliação sensorial dos cafés localizados na faixa de altitude acima de 1000 m, 26 (96%) dos cafés tiveram notas acima de 81,00 pontos e 1 (4%) teve nota abaixo de 81,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $1,50 \times 10^{-6}$ ) e na avaliação de sensorial dos cafés localizados na faixa de altitude abaixo de 900 m, 59 (87%) dos cafés tiveram notas acima de 81,00 pontos e 8 (13%) tiveram notas abaixo de 81,00 pontos, indicando houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $3,19 \times 10^{-9}$ ).

A Figura 12 apresenta a tabela de contingência da altitude categorizada (entre 900 e 999 m, acima de 1000 m e abaixo de 900 m) pelo tipo de café.

**Figura 12** – Análise exploratória das frequências da altitude categorizada de cada café em relação as notas sensoriais finais no cenário de cafés acima ou abaixo de 81,00 pontos.

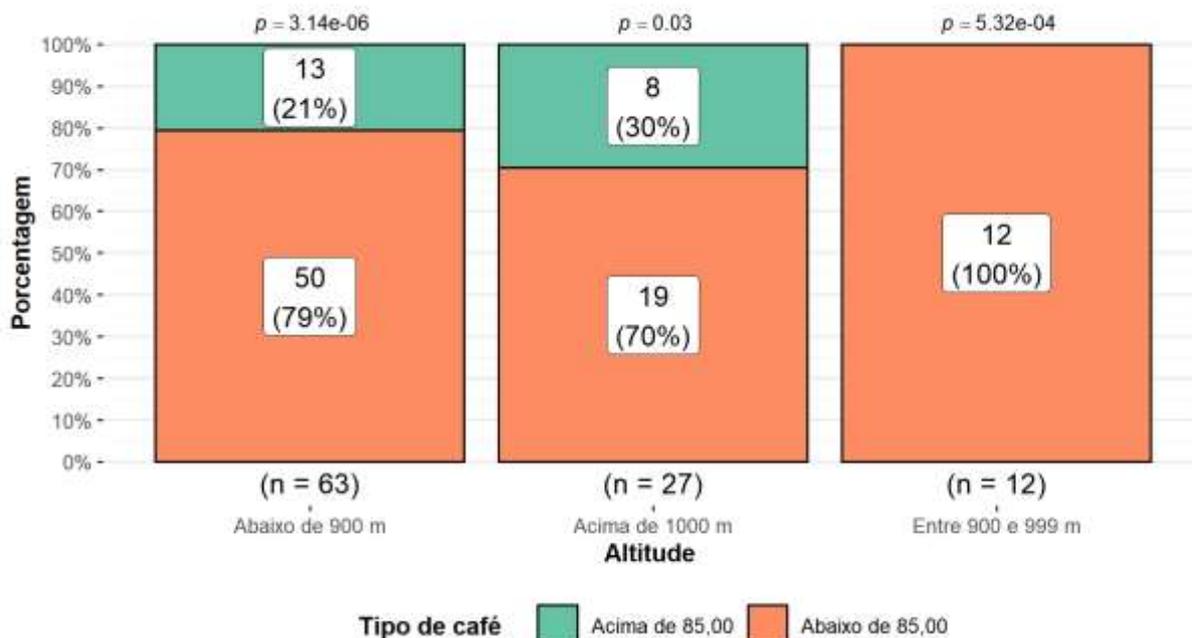


Fonte: Do autor (2022).

Levando em conta a Figura 12, nota-se que 89 (10%) dos cafés estavam na faixa de altitude categorizada entre 900 e 999 m, 26 (29%) estavam na faixa de altitude categorizada acima de 1000 m, 55 (61%) estavam na faixa de altitude categorizada abaixo de 900 m, indicando que houve diferença significativa entre todos os cafés que tiveram notas acima de 81,00 pontos (valor-p =  $1,47 \times 10^{-8}$ ), entre todos os cafés que tiveram notas abaixo de 81,00 pontos, 3 (25%) dos cafés estavam na faixa de altitude categorizada entre 900 e 999 m, 1 (8%) estava na faixa de altitude categorizada acima de 1000 m e 8 (67%) estavam na faixa de altitude categorizada abaixo de 900 m, indicando que houve diferença significativa (valor-p = 0,04).

A Figura 13 apresenta a tabela de contingência do teste Tipo de café (notas acima ou abaixo de 81,00 pontos) pela a altitude categorizada.

**Figura 13** – Análise exploratória das frequências das notas sensoriais obtidas em relação a altitude categorizada no cenário de cafés acima ou abaixo de 85,00 pontos.

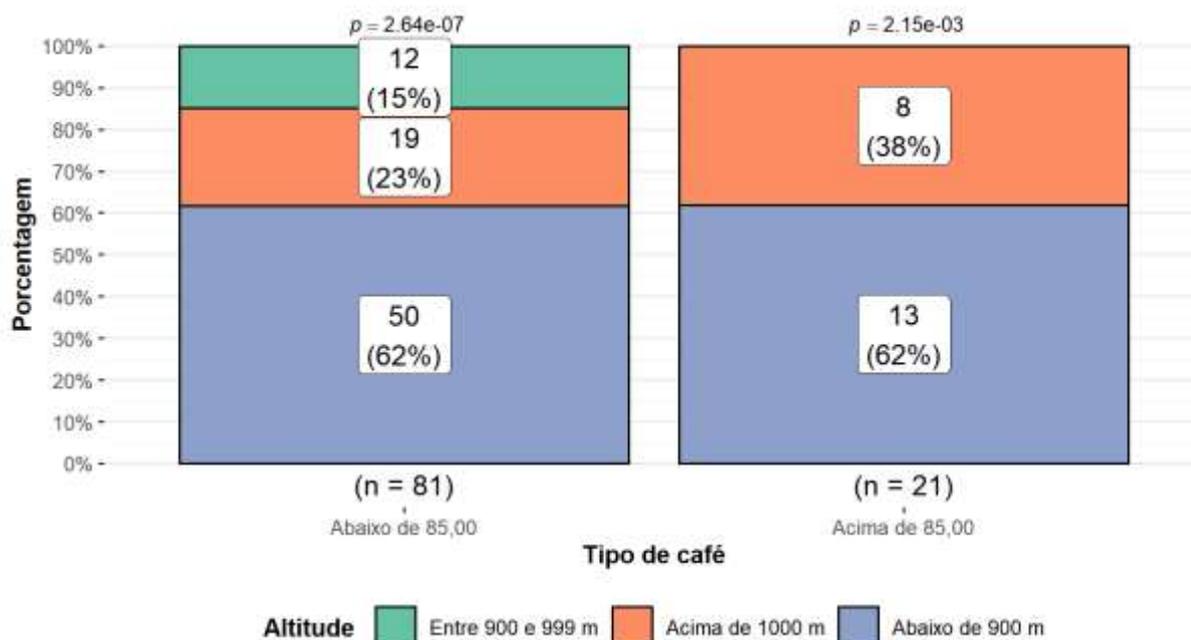


Fonte: Do autor (2022).

Ao observar a Figura 13, nota-se que 0 (0%) dos cafés tiveram notas acima de 85,00 pontos e 12 (100%) tiveram notas abaixo de 85,00 pontos, entre todos os cafés localizados na faixa de altitude entre 900 e 999 m, indicando que houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $5,32 \times 10^{-4}$ ), na avaliação sensorial dos cafés localizados na faixa de altitude acima de 1000 m, 8 (30%) dos cafés tiveram notas acima de 85,00 pontos e 19 (70%) tiveram notas abaixo de 85,00 pontos, indicando que houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p = 0,03) e na avaliação de sensorial dos cafés localizados na faixa de altitude abaixo de 900 m, 13 (21%) dos cafés tiveram notas acima de 85,00 pontos e 50 (79%) tiveram notas abaixo de 85,00 pontos, indicando houve diferença significativa dentro dessa faixa de altitude categorizada (valor-p =  $3,14 \times 10^{-6}$ ).

A Figura 14 apresenta a tabela de contingência da altitude categorizada (entre 900 e 999 m, acima de 1000 m e abaixo de 900 m) pelo tipo de café.

**Figura 14** – Análise exploratória das frequências da altitude categorizada de cada café em relação as notas sensoriais finais no cenário de cafés acima ou abaixo de 85,00 pontos



Fonte: Do autor (2022).

Ao analisar a Figura 14, nota-se que 0 (0%) dos cafés estavam na faixa de altitude categorizada entre 900 e 999 m, 8 (38%) estavam na faixa de altitude categorizada acima de 1000 m, 13 (62%) estavam na faixa de altitude categorizada abaixo de 900 m, indicando que houve diferença significativa entre todos os cafés que tiveram notas acima de 85,00 pontos (valor-p =  $2,15 \times 10^{-3}$ ), entre todos os cafés que tiveram notas abaixo de 85,00 pontos, 12 (15%) dos cafés estavam na faixa de altitude categorizada entre 900 e 999 m, 19 (23%) estavam na faixa de altitude categorizada acima de 1000 m e 50 (62%) estavam na faixa de altitude categorizada abaixo de 900 m, indicando que houve diferença significativa (valor-p =  $2,64 \times 10^{-7}$ ).

Ao analisar as Figuras 7 a 14, percebe-se que ao analisar a altitude categorizada dentro de cada nota de corte de 80 e 85 houveram diferenças significativas nas frequências observadas.

Ao observar a Figura 9, para a altitude categorizada de 900 a 999 m não houve diferença significativa para a nota de corte de 81.

Além disso, houve diferença significativa entre as notas de corte dentro da altitude categorizada (Entre 900 e 999 m, acima de 1000 m e abaixo de 900 m).

Mesmo encontrando grandes quantidades das maiores notas sensoriais localizadas nas maiores altitudes (acima de 1000 m), não confirma-se que maiores altitudes resultaram nas maiores notas, como afirma Decazy et al. (2013) em Honduas, pois muitas notas altas também foram encontradas nas menores altitudes (abaixo de 900 m) como apresentado.

## 5 CONCLUSÕES

É possível utilizar a Análise Discriminante Linear de Fisher para classificar os cafés da Canastra.

Para as classificações de cafés acima ou abaixo de 80, 81 e 85 os modelos apresentaram maior acurácia e menor taxa de erro em comparação as notas acima ou abaixo de 82, 83 e 84.

A escolha das notas de corte influenciou nos resultados gerados pela análise Discriminante Linear de Fisher.

Ao analisar as frequências de cafés entre o tipo processamento dentro de cada nota de corte (80, 81 e 85), não houve diferença significativa em relação aos cafés descascados, desmucilados e naturais. Quando se compara ao contrário, as notas dentro de cada processamento há diferenças significativas em notas acima ou abaixo de 80, 81 e 85.

Ao analisar as frequências de cafés em relação as notas de corte dentro da altitude categorizada, houve diferença significativa para todos os cenários analisados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, G. F. **Aspectos sensoriais, fisiológicos e bioquímicos de grãos de café refrigerado**. 2015. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- ALVES, H. M. R. et al. **Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, mar/abr. 2011.
- BARBOSA, Juliana et al. **Discrimination of production environments of specialty coffees by means of stable isotopes and discriminant model**. Journal of Agricultural Science, v. 6, n. 5, p. 55, 2014.
- BORÉM, Flávio Meira et al. **Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging**. Journal of stored products research, v. 52, p. 1-6, 2013.
- BORÉM, F. M. **Pós-colheita do Café**. Lavras: Editora UFLA, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. CultivarWeb – **Registro Nacional de Cultivares**. Brasília, DF: MAPA, 2020. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/ondex.php>. Acesso em: 12 Agosto 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de Junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 jun. 2003a. Seção 1, p. 22-29.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **O que é Indicação Geográfica? Como obter o registro?** Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/indicacao-geografica/o-que-e-indicacao-geografica-ig>>. Atualizado em 21 agosto 2022. Acesso em: 10 Agosto 2022.
- BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Mercado de cafés especiais no Brasil dobra em três anos**. Disponível em: <<http://bsca.com.br/noticia.php?id=118>>. Acesso em: 10 Agosto 2022.
- BYTOF, G.; SELMAR, D.; SCHIEBERLE, P. **New aspects of coffee processing: How do the different post harvest treatments influence the formation of potential flavour precursors?** Journal of Applied Botany, v. 74, n. 3–4, p. 131–136, 2000.
- CARVALHO, VD De; CHAGAS, SJ de R.; SOUZA, SMC de. **Fatores que afetam a qualidade do café**. Informe Agropecuário, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.
- CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL (Brasil). *Exportação*. 2021. Disponível em: < <https://www.cecafe.com.br/sobre-o-cape/exportacao/>>. Acesso em: 08 Agosto 2022.
- CONGALTON, R. G. **A review of assessing the accuracy of classification os remotely sensed data. Remote Sensing of the Enviroment**,v. 37, n. 1, p. 35-46, Jul. 1991.

CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ. Tecnologias. Cultivares. Disponível em: <<http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/776-arara>>. Acesso em: 10 Agosto 2022.

DA SILVA, Fernando Antônio Macena et al. Clima do bioma Cerrado. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. ALBUQUERQUE, ACS, p. 93-148, 2008.

DECAZY, F. et al. **Quality of different Honduran coffees in relation to several environments**. Journal of Food Science, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, Sept. 2003.

DE MELO PEREIRA, G. V. et al. **Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review**. Food Chemistry, v. 272, n. August 2018, p. 441–452, 2019.

DIEGO, E. R. 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, n. 27, p. 2412–2422, 2016.

DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. **Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods**. Food Chemistry, v. 118, n. 3, p. 851–855, 2010b.

EMBRAPA. Notícias. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/64630822/producao-dos-cafes-do-brasil-ocupa-area-de-182-milhao-de-hectares-dos-quais-145-milhao-sao-de-cafe-arabica-e-37599-mil-de-conilon>>. Acesso em: 22 agosto 2022.

FAZUOLI, L. C. et al. **Melhoramento do cafeeiro: variedade tipo arabica obtidas no Instituto Agrônomo em Campinas**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). O estado da arte de tecnologias na produção de café. Viçosa, MG: UFV, 20002. p. 63-215

FERIA-MORALES, A. M. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/experts tasters in sensory evaluation for quality control. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 6, p. 355-367, Sept. 2002

GHOSH, P.; VENKATACHALAPATHY, N. **Processing and Drying of Coffee - A review**. International Journal of Engineering Research & Technology, v. 3, n. 12, p. 784–794, 2014.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 7-16, mar./abr. 2011.

GUIMARÃES, E. R. **Dinâmica do agronegócio café sob a ótica da construção de mercados**. 2019. Tese (Doutorado em Administração)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018

IAC. Centro de Café “Alcides carvalho”. Campinas: IAC, 2021. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cafe/centrocafe4.php>. Acesso em: 5 maio 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Áreas Territoriais. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=1>>. Acesso em: 22 agosto 2022.

KHATTREE, Ravindra; NAIK, Dayanand N. **Multivariate data reduction and discrimination**. SAS Institute, Cary, North Carolina, 2000.

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. **Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans**. European Food Research and Technology, v. 223, n. 2, p. 195–201, 2006.

LEÃO, Everson de Almeida. **A produção de cafés especiais no Brasil e a emergência de novos padrões de competitividade**. 2010.

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

LUZ, Marcos Paulo Santos. **Estudo da relação de fatores climáticos com a qualidade do café na Mantiqueira de Minas**. 2014.

MACIEL, G. N. **Construção do mercado de cafés especiais e o papel dos concursos de qualidade: o caso do cup of excellence Brasil**. 2020. 133 p. Dissertação (Mestrado em Administração)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

MALTA, Marcelo Ribeiro et al. **Qualidade de bebida de grupos genealógicos de genótipos elite de café arábica submetidos ao processamento via úmida**. 2019.

MALTA, M. R. et al. **Potencial das novas cultivares de café arábica para produção de cafés especiais**. Informe Agropecuário, v. 35, p. 84-90, 2014.

MANZO, J. **Coffee, Connoisseurship, and an Ethnomethodologically-Informed Sociology of Taste**. Human Studies, v. 33, n. 2–3, p. 141–155, 30 dez. 2010

OLIVEIRA, L. M. de. **Classificação de dados sensoriais de cafés especiais com resposta multiclasse via Algoritmo Boosting e Bagging**. 2016. 85 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

O Rio que Resiste. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/6be90fc2ceb2a25efc2819f816a6f391.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/6be90fc2ceb2a25efc2819f816a6f391.pdf)>. Acesso em: 10 agosto 2022.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 agosto 2022.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **History**. 2016. Disponível em: <http://www.scaa.org/?page=history>. Acesso em: 02 Agosto 2022

SAATH, R. et al. **Alterações na composição química e sensorial de Café (Coffea arabica) nos processos pós-colheita**. ENERGIA NA AGRICULTURA, v. 27, n. 2, p. 96, 2012.

SANTOS, Rafael Vargas Mesquita dos et al. **Estatística multivariada aplicada em dados de custos da fase de pós-colheita do café**. 2017.

SCHWAN, R.; SILVA, C.; BATISTA, L. **Coffee Fermentation. Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology**, Second Edition, n. May, p. 677–690, 2012.

SIMÃO, JBP et al. **Denominação de origem Caparaó para Café Arábica.** 2021.

TESSEMA, A. et al. **Variability and association of quality and biochemical attributes in some promising *Coffea arabica* germplasm collections in southwestern Ethiopia.** International Journal of Plant Breeding and Genetics, Rawalpindi, v. 5, n. 4, p. 302-316, Apr. 2011

TRAORE, T. M.; WILSON, N. L. W.; FIELDS, D. **What explains specialty coffee quality scores and prices: A case study from the cup of excellence program.** *Journal of Agricultural and Applied Economics*, v. 50, n. 3, p. 349–368, 2018.