

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

VITÓRIA MARIA ALVES NUNES

ATRIBUTOS FÍSICOS E SENSORIAIS DO GRÃO DO CAFÉ E SEU
COMPORTAMENTO ESPACIAL

Uberlândia - MG
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

VITÓRIA MARIA ALVES NUNES

ATRIBUTOS FÍSICOS E SENSORIAIS DO GRÃO DO CAFÉ E SEU
COMPORTAMENTO ESPACIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

Uberlândia - MG

2025

VITÓRIA MARIA ALVES NUNES

**ATRIBUTOS FÍSICOS E SENSORIAIS DO GRÃO DO CAFÉ E SEU
COMPORTAMENTO ESPACIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Agronomia, da Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino
Hurtado

Uberlândia, 20 de setembro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado (ICIAG)

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo (ICIAG)

Mateus de Carvalho Veludo (Engenheiro Agrônomo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Poder Superior em quem deposito minha fé e confiança e dedico minha mais profunda gratidão. A Ele atribuo cada conquista, cada aprendizado e a superação de todos os obstáculos que encontrei pelo caminho.

À minha família, em especial ao meu pai Josino, à minha mãe Helena, à minha irmã Júlia e à minha avó Gasparina, dedico com todo o amor e orgulho cada passo dessa trajetória. Obrigada por me ensinarem com palavras e atitudes, por me amarem incondicionalmente e por acreditarem em mim. Cada vitória que celebro tem a marca de vocês.

À Universidade Federal de Uberlândia, por ser uma instituição que honra o compromisso com o ensino público de qualidade. Agradeço pelas oportunidades que me foram proporcionadas e pelos momentos inesquecíveis que vivenciei ao longo dessa jornada.

Aos amigos e colegas de turma, que estiveram ao meu lado compartilhando não apenas aulas, estudos e projetos, mas também risos, lágrimas e conquistas. Obrigada por tornarem essa caminhada mais leve e por serem apoio constante nos momentos difíceis. A amizade de vocês foi um presente inestimável que levarei por toda a minha vida.

À Mandaguari Agronegócios e à COOCACER – Cooperativa dos Cafeicultores do Cerrado de Araguari, por gentilmente abrirem as portas e viabilizar a realização deste estudo, contribuindo de forma essencial para a construção do meu conhecimento prático e para o enriquecimento desta pesquisa.

Ao Grupo de Estudos em Agricultura de Precisão – GeAP, pela acolhida, incentivo e troca de saberes. A vivência nesse grupo ampliou minha visão acadêmica e profissional, além de me proporcionar aprendizados que levarei por toda a vida.

Ao meu orientador, professor Sandro Manuel Carmelino Hurtado, expresso minha mais sincera gratidão pela orientação dedicada, pela paciência constante e pelo apoio em cada etapa deste trabalho. Sua confiança em meu potencial foi combustível nos momentos difíceis, e sua contribuição foi essencial para que este projeto se concretizasse.

À banca examinadora, pela disponibilidade em participar deste momento tão marcante da minha vida acadêmica e pelas contribuições valiosas oferecidas, que certamente enriquecem este trabalho.

RESUMO

O café arábica (*Coffea arabica* L.) representa uma das culturas de maior relevância econômica e social no Brasil, sendo a qualidade da bebida um fator essencial para sua valorização comercial. Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos dos grãos de café e sensoriais da bebida, buscando identificar padrões e relações entre estes. O estudo foi conduzido em um talhão de 27 hectares da Fazenda Mandaguari, em Indianópolis-MG, cultivado com a cultivar Topázio, sob irrigação, onde foi instalada uma malha de 50 pontos georreferenciados para amostragem de atributos a campo. A partir dos dados de altitude, atributos de solo e produtividade dos grãos foram definidas zonas de diferentes potenciais ou homogêneas (ZH). Em laboratório, os grãos de café colhidos manualmente e submetidos à secagem natural foram classificados fisicamente conforme a Instrução Normativa nº 8/2003, com avaliação de peneira, defeitos (grãos pretos, ardidos, verdes, brocados, concha e miolo de concha) e tipo de café. Na sequência, foi realizada análise sensorial segundo o protocolo da Specialty Coffee Association (SCA), conduzida por Q-Graders, nas quatro zonas de diferentes potenciais definidas previamente. Os dados foram analisados por estatística descritiva e geoestatística, resultando em mapas temáticos da distribuição espacial dos atributos avaliados. Os resultados evidenciaram variabilidade significativa entre as zonas, com destaque para a Zona 3, que obteve a maior pontuação sensorial (84,5 pontos), relacionada à maior proporção de grãos retidos nas peneiras maiores (16 e 17) e menor ocorrência de defeitos. Por outro lado, a Zona 4 apresentou a menor nota sensorial (80,25 pontos), associada à maior frequência de defeitos e predominância de grãos menores. A análise conjunta mostrou que, embora alguns defeitos, como grãos verdes e pretos, estivessem presentes, atributos positivos de corpo, aroma e equilíbrio compensaram seus efeitos em determinadas zonas, permitindo alcançar qualidade de bebida superior. Assim, a integração entre atributos físicos e sensoriais, associada ao uso de ferramentas de Agricultura de Precisão, permitiu compreender que há variabilidade espacial da qualidade do café para alguns atributos, reforçando o potencial de estratégias de manejo localizado para agregar valor ao produto.

Palavras-chave: Café arábica. Agricultura de precisão. Análise sensorial. Defeitos dos grãos.

ABSTRACT

Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) represents one of the most economically and socially relevant crops in Brazil, with beverage quality being an essential factor for its commercial value. This study aimed to evaluate the spatial variability of the physical attributes of coffee beans and the sensory attributes of the beverage, seeking to identify patterns and relationships between them. The research was conducted in a 27-hectare field at Fazenda Mandaguari, in Indianópolis-MG, cultivated with the Topázio cultivar under irrigation, where a grid of 50 georeferenced points was established for field attribute sampling. Based on data of altitude, soil attributes, and grain yield, zones of different potentials or homogeneous zones (HZ) were defined. In the laboratory, the manually harvested coffee beans, subjected to natural drying, were physically classified according to Normative Instruction No. 8/2003, with sieve analysis, defects evaluation (black, sour, green, bored, shell, and shell center beans), and coffee type classification. Subsequently, sensory analysis was performed following the Specialty Coffee Association (SCA) protocol, conducted by Q-Graders, in the four zones of different potentials previously defined. The data were analyzed using descriptive statistics and geostatistics, resulting in thematic maps of the spatial distribution of the evaluated attributes. The results revealed significant variability among the zones, with Zone 3 standing out for achieving the highest sensory score (84.5 points), related to a higher proportion of beans retained in larger sieves (16 and 17) and lower occurrence of defects. On the other hand, Zone 4 showed the lowest sensory score (80.25 points), associated with a higher frequency of defects and predominance of smaller beans. The combined analysis showed that, although some defects such as green and black beans were present, positive attributes of body, aroma, and balance compensated for their effects in certain zones, allowing the achievement of superior beverage quality. Thus, the integration of physical and sensory attributes, combined with the use of Precision Agriculture tools, demonstrated that there is spatial variability in coffee quality for some attributes, reinforcing the potential of site-specific management strategies to add value to the product.

Keywords: Arabica coffee. Precision agriculture. Sensory analysis. Bean defects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de estudo e malha amostral para coleta de dados.....	11
Figura 2 - Colheita dos frutos de café (A) e retirada de impurezas dos frutos recém-colhidos (B).	12
Figura 3 - Estrutura para secagem dos frutos no terreiro de cimento (A) e detalhe do revolvimento periódico dos frutos de café (B).....	13
Figura 4 - Balança de precisão em que foram pesadas as amostras.....	13
Figura 5 - Detalhe da classificação dos frutos de café por tipo.....	15
Figura 6 - Roda de sabores (<i>Flavor Wheel</i>), desenvolvida pela SCA (<i>Specialty Coffee Association</i>).....	19
Figura 7 - Semivariogramas experimentais para os atributos grãos retidos nas peneiras e defeitos físicos.....	22
Figura 8 - Mapas interpolados por krigagem para os grãos retidos em peneira e defeitos físicos dos grãos. (Interpolação por IDW realizada para os atributos com ausência de dependência espacial).....	23
Figura 9 - Mapa de zonas de diferentes potenciais (ZP) definidas na área.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência de defeitos da Classificação Oficial Brasileira (COB).....	16
Tabela 2 - Tipos de café segundo os defeitos da Classificação Oficial Brasileira (COB).....	17
Tabela 3 - Análise descritiva para os dados de grãos retidos em peneiras (%) e defeitos físicos nos grãos de café.....	20
Tabela 4 - Parâmetros dos semivariogramas para os atributos grãos retidos em peneiras e defeitos físicos do café.....	21
Tabela 5 - Média dos dados de retenção de grãos nas peneiras e defeitos nos grãos de café para as zonas de diferente potencial (ZP) encontradas na área de estudo.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
	2.1 Local de estudo	11
	2.2 Colheita do café.....	12
	2.3 Definição de zonas de diferentes potenciais	14
	2.4 Classificação física e sensorial do café	14
	2.4.1 Classificação física	14
	2.4.2 Classificação sensorial.....	17
	2.5 Análise estatística	19
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
	3.1 Classificação física de grãos de café	20
	3.2 Classificação sensorial de grãos de café.....	24
4.	CONCLUSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O café arábica (*Coffea arabica* L.) surgiu no sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, em regiões de altitude elevada (1.000 a 2.000 m.) e de ocorrência restrita (BORÉM *et al.*, 2019). A difusão do seu cultivo teve início na Arábia, com usos, inclusive, para efeitos medicinais. No século XVI, chegou ao Egito e à Turquia, e, um século depois, à Europa (CAIXETA, 2017).

No Brasil, o cultivo foi introduzido em 1727, no estado do Pará, através de sementes e mudas oriundas da Guiana Francesa (BORÉM *et al.*, 2019). No final da década de 1820, o país se consolidou como maior produtor e exportador mundial de café. Atualmente, a cadeia cafeeira gera 8,4 milhões de empregos, está presente em 1.983 municípios e 16 estados, e abrange próximo de 330 mil produtores de café, sendo 78% pequenos produtores rurais (CNC, 2021). Na presente safra de 2025, a produção do grão foi estimada em 56 milhões de sacas beneficiadas, acréscimo de 1,5 milhão em relação à safra de 2024. Entre os estados produtores, destaca-se Minas Gerais, com produção aproximada de 26 milhões de sacas (CONAB, 2025).

A qualidade da bebida do café é determinante para sua valorização e competitividade, especialmente para o mercado de cafés especiais, com padrões que valorizam os atributos sensoriais e o baixo índice de defeitos nos grãos. Por sua vez, os grãos são influenciados por fatores ambientais de cultivo, manejo agrônomico e processos pós-colheita. Compreender e controlar esses fatores pode impactar a qualidade e a busca por maior valor agregado do produto (BORÉM, 2008).

Com esse intuito, os cafés beneficiados são avaliados física e sensorialmente (BORÉM *et al.*, 2023). Fisicamente, observam-se o tamanho, o formato, a coloração e a uniformidade dos grãos; sensorialmente, avalia-se a qualidade da bebida. Para fins de comercialização, são observados a peneira, a bebida, a coloração e o tipo (Instrução Normativa do MAPA nº 8, de 11 de junho de 2003) (BRASIL, 2003).

Dado o valor agregado da cultura, é bem-vindo o desenvolvimento de métodos que visem aprimorar o sistema produtivo a partir de novas técnicas de manejo (LIMA *et al.*, 2013). A Agricultura de Precisão (AP) surge como ferramenta que favorece o monitoramento detalhado da produção e o uso mais eficiente de recursos, levando em consideração a existência da variabilidade espacial da produção (ISPA, 2024; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Isso permite direcionar estratégias de manejo conforme a necessidade específica de cada local, otimizando a produtividade, reduzindo custos e minimizando impactos ambientais (BAZAME *et al.*, 2021).

O estudo da variabilidade espacial pode ser realizado a partir do uso da geoestatística, que possibilita analisar e interpretar dados georreferenciados. A geoestatística permite, ainda, estimar valores em locais não amostrados, detectar padrões de distribuição e construir mapas temáticos de diversas variáveis de interesse (GREGO *et al.*, 2014). A variabilidade existente nas lavouras e o posterior manejo localizado de insumos podem também ser estudados a partir da criação de zonas de manejo ou de zonas de diferentes potenciais (ZP). Essas zonas são áreas dentro de um mesmo talhão com características semelhantes nos atributos que a conformam, tais como atributos de solo, produtividade, relevo (SCHWAMBACH *et al.*, 2021).

Para a cultura do café, a contribuição que a AP oferece ganha importância estratégica ao possibilitar elevar os patamares produtivos e qualitativos da bebida (BORÉM, 2008; ALVES *et al.*, 2024). O presente trabalho de pesquisa teve por objetivo avaliar a comportamento espacial dos atributos físicos e sensoriais dos grãos de café, oferecendo subsídio a estratégias que visem aprimorar a qualidade do café produzido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

O trabalho de pesquisa foi realizado no município de Indianópolis-MG, em um talhão de 27 hectares pertencente à Fazenda Mandaguari, com coordenadas 18°59' S, 47°47' O e altitude média de 980 metros. No talhão, foi estudada a cultura do café (*Coffea arabica* L.), cultivar Topázio, de 3 anos e meio, cultivada sob irrigação por gotejamento, no espaçamento de 3,8 metros entre linhas e 0,7 metros entre plantas, totalizando 3.759 plantas/ha (Figura 1).



Figura 1: Área de estudo e malha amostral para coleta de dados.
Fonte: Autora (2024).

A coleta de informações de atributos de solo e planta foi realizada seguindo uma malha amostral regular georreferenciada e sistematicamente aleatorizada, com 50 pontos (aproximadamente 2 pontos/ha), criada com auxílio do software Qgis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015). No campo, os pontos foram identificados a partir do receptor GNSS de navegação Garmin, e-Trex Vista 30x.

2.2 Colheita do café

Durante os dias 11 a 15 de julho de 2024, após a identificação dos pontos, foi realizada a colheita dos frutos, em plantas correspondentes a cada um dos 50 pontos da malha amostral. Foram colhidas quatro plantas pré-selecionadas, que estavam dispostas em um arranjo retangular, de modo que duas plantas vizinhas em uma das linhas de plantio fossem paralelas às outras duas da linha adjacente. Nesse sentido, as plantas escolhidas para estudo e análise foram aquelas cujas características melhor representassem as demais naquele ponto. A colheita foi manual, com a derriça dos frutos realizada sobre um pano disposto debaixo das plantas de café (Figura 2A), com posterior retirada de impurezas, como galhos e folhas (Figura 2B).



Figura 2: Colheita dos frutos de café (A) e retirada de impurezas dos frutos recém-colhidos (B).
Fonte: Autora (2024).

Após realizada a colheita, os frutos foram levados para secagem natural ao terreiro construído em piso de cimento, esparramados em uma fina camada e alocados de forma a manter o material de cada ponto da malha separado (Figura 3A).

Visando garantir a uniformidade de secagem, o material foi revolvido três vezes por dia (Figura 3B), até os frutos atingirem umidade próxima de 11,5%, o que era conferido no final do dia a partir do uso de determinador de umidade na própria fazenda.

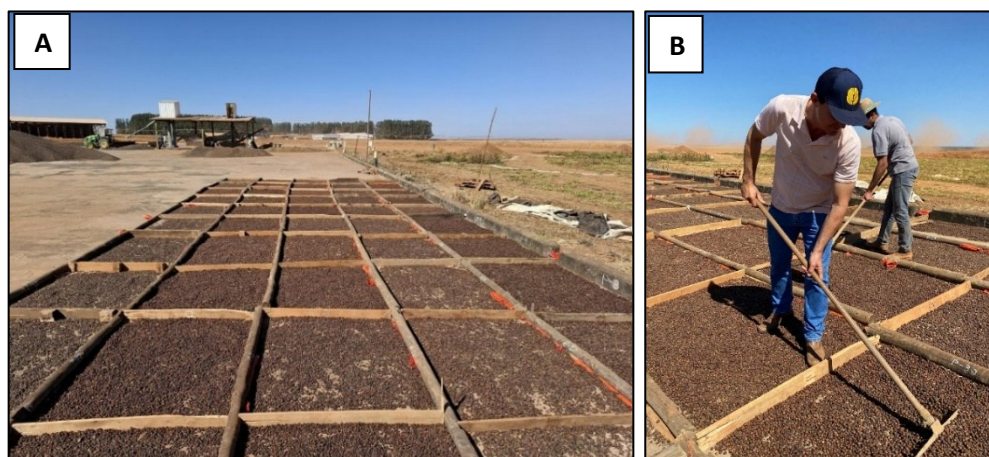


Figura 3: Estrutura para secagem dos frutos no terreiro de cimento (A) e detalhe do revolvimento periódico dos frutos de café (B).

Fonte: Peruzzi (2024).

Como passo seguinte à secagem, os frutos foram transportados para a Universidade Federal de Uberlândia – UFU – e beneficiados em máquina elétrica, considerando uma alíquota de 2 kg para cada ponto amostral. Foram separados os grãos das demais estruturas do fruto, compostas pelo epicarpo, mesocarpo, mucilagem e endocarpo (casca, pergaminho). Na sequência, as amostras beneficiadas foram levadas ao Laboratório de Sementes da Universidade (LASEM-UFU) e separou-se uma alíquota de 100 g para classificação física e 400 g para classificação sensorial, com uso de uma balança de precisão de 4 casas decimais (Figura 4).



Figura 4: Balança de precisão em que foram pesadas as amostras.

Fonte: Autora (2024).

2.3 Definição de zonas de diferentes potenciais

A delimitação das zonas de diferentes potenciais (ZP) foi realizada a partir da integração de variáveis consideradas representativas do ambiente produtivo: altitude, teor de areia, teor de argila e produtividade. Esses atributos foram selecionados por apresentarem relação direta ao desenvolvimento e à qualidade da cultura do café.

O processamento foi conduzido no software QGIS, utilizando o plugin *Smart Map - SMP* (PEREIRA *et al.*, 2022), que permite a geração de zonas de manejo ou de diferentes potenciais com base em algoritmos de agrupamento. Inicialmente, os dados de cada atributo foram interpolados espacialmente por krigagem ordinária, obtendo-se superfícies contínuas para toda a área. Em seguida, aplicou-se o algoritmo Fuzzy K-means, que possibilita classificar cada ponto da malha amostral em diferentes grupos, considerando graus de pertinência (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2022). O número final de grupos ou classes foi definido a partir da análise de índices de desempenho do algoritmo, resultando em um mapa de 4 Zonas Potenciais.

2.4 Classificação física e sensorial do café

2.4.1 Classificação física

Para efeitos da classificação física, a alíquota de 100 g correspondente a cada um dos 50 pontos, foi passada nas peneiras 17, 16, 15, 14, 13, 10 e fundo. Acima da peneira 16, são retidos os grãos mais graúdos, de maior valor comercial e menor quantidade de defeitos, sendo estes os que compõem grande parte dos cafés especiais. Na peneira 10, ficam retidos os grãos tipo moca, provenientes da não fecundação de um dos óvulos do fruto, deixando o grão com um formato mais arredondado (SENAR, 2017). Os grãos retidos em cada peneira foram pesados e armazenados em sacos plásticos devidamente identificados.

As amostras foram classificadas de acordo com a Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003, que define a Classificação Oficial Brasileira – COB, amplamente utilizada para avaliação de cafés do tipo *commodity*, ou seja, cafés comercializados na bolsa de valores. A classificação, inicialmente, atribui uma pontuação das amostras por tipo, onde se analisou cada grão da alíquota, afim de identificar os defeitos por categoria dos demais grãos não defeituosos (Figura 6).



Figura 5: Detalhe da classificação dos frutos de café por tipo (Senar, 2017).
Fonte: Autora (2024).

Os defeitos analisados na classificação por tipo foram:

- Grão preto, que surge quando a colheita é feita tardiamente e/ou quando o grão fica em contato prolongado com o solo, o que provoca sua fermentação;
- Grão ardido, que apresenta coloração marrom, em diferentes tonalidades, devido à fermentação, e é ocasionado por colheita tardia, pelo longo período em que o fruto fica em contato com o solo úmido e por práticas inadequadas de manejo no terreiro;
- Grão preto-verde (*stinker*), que é causado pela secagem em altas temperaturas;
- Grão brocado, que é aquele acometido pela praga broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), a qual abre galerias no grão e permite a entrada de fungos e outros microrganismos, deixando o orifício com tonalidade azulada ou preta;
- Grão concha, que possui um formato de concha e é originado da separação de grãos imbricados, que, por sua vez, originaram-se da fecundação de dois óvulos dentro de uma única cavidade ovariana. Essa situação pode ser causada por fatores genéticos ou por possíveis alterações fisiológicas;
- Grão verde, que se caracteriza por ter origem em frutos que ainda não atingiram maturidade fisiológica e foram colhidos prematuramente;
- Miolo de concha, que é um grão com formato achatado e pouco espesso, que surgiu da separação de grãos imbricados, os quais se formaram a partir da fecundação de dois óvulos em uma mesma cavidade ovariana. Esse fenômeno pode ser provocado por fatores genéticos ou por alterações fisiológicas.

Os demais defeitos intrínsecos (grão chocho e grão esmagado), bem como os defeitos extrínsecos (paus, pedras, torrões e quaisquer matérias estranhas; café em coco; casca; pergaminho e marinho), não foram considerados para essa análise por não estarem presentes nas amostras analisadas. Os grãos quebrados, por sua vez, não foram considerados por decorrerem do beneficiamento, o que não foi objeto de análise para o presente estudo.

Em etapa seguinte na Classificação Oficial Brasileira (COB), há a equivalência de defeitos, de modo que cada defeito recebe uma nota em função de seu impacto na qualidade do café (Tabela 1). Posteriormente, foram pesados os grãos correspondentes a cada tipo de defeito e atribuída uma pontuação entre 100 a -200 com base no número de defeitos, em que 100 indica o café com o menor número de defeitos possíveis (<4 defeitos) e -200 indica o café mais defeituoso (>360 defeitos) (Tabela 2).

Tabela 1: Equivalência de defeitos da Classificação Oficial Brasileira (COB).

Grãos Imperfeitos/Impurezas	Número de Defeitos
1 grão preto	1
2 grãos ardidos	1
2 a 5 grãos brocados	1
3 grãos concha	1
5 grãos miolo de concha	1
5 grãos verdes	1
5 grãos quebrados ou esmagados	1
5 grãos chochos ou mal granados	1
1 pedra, pau ou torrão grande	5
1 pedra, pau ou torrão regular	2
1 pedra, pau ou torrão pequeno	1
1 coco	1
1 casca grande	1
2 a 3 cascas pequenas	1
2 marinheiros	1

Tabela 2: Tipos de café e pontuação de acordo aos defeitos encontrados seguindo a Classificação Oficial Brasileira (COB).

Defeitos	Tipos	Pontos	Defeitos	Tipos	Pontos
4	2	100	49	5 – 5	-55
4	2 – 5	95	53	5 – 10	-60
5	2 – 10	90	57	5 – 15	-65
6	2 – 15	85	61	5 – 20	-70
7	2 – 20	80	64	5 – 25	-75
8	2 – 25	75	68	5 – 30	-80
9	2 – 30	70	71	5 – 35	-85

10	2 – 35	65	75	5 – 40	-90
11	2 – 40	60	79	5 – 45	-95
11	2 – 45	55	86	6	-100
12	3	50	93	6 – 5	-105
13	3 – 5	45	100	6 – 10	-110
15	3 – 10	40	108	6 – 15	-115
17	3 – 15	35	115	6 – 20	-120
18	3 – 20	30	123	6 – 25	-125
19	3 – 25	25	130	6 – 30	-130
20	3 – 30	20	138	6 – 35	-135
22	3 – 35	15	145	6 – 40	-140
23	3 – 40	10	153	6 – 45	-145
25	3 – 45	5	160	7	-150
26	4	Base	180	7 – 5	-155
28	4 – 5	-5	200	7 – 10	-160
30	4 – 10	-10	220	7 – 15	-165
32	4 – 15	-15	240	7 – 20	-170
34	4 – 20	-20	260	7 – 25	-175
36	4 – 25	-25	280	7 – 30	-180
38	4 – 30	-30	300	7 – 35	-185
40	4 – 35	-35	320	7 – 40	-190
42	4 – 40	-40	340	7 – 45	-195
44	4 – 45	-45	360	8	-200
46	5	-50	-	-	-

Após a classificação, foi possível identificar os tipos de café, os defeitos e a quantidade de defeitos para cada um dos 50 pontos da malha amostral (em % e gramas).

2.4.2 Classificação sensorial

Para a classificação sensorial, foram selecionadas amostras correspondentes às zonas de diferentes potenciais, definidas previamente (Item 2.3). Considerando o material beneficiado para cada ponto da malha (500g), foram separadas amostras de 400g (Item 2.2) dos pontos da malha correspondentes a cada zona, configurando o material a ser analisado sensorialmente. Após homogeneizada a amostra para cada zona, foram separadas alíquotas do material para retirada manual de grãos defeituosos, até se obterem os 400g de café por zona a serem analisados. As amostras foram embaladas e encaminhadas à Cooperativa de Cafeicultores Coocacer, localizada no município de Araguari – MG.

O teste sensorial foi conduzido conforme os parâmetros da metodologia SCA (*Specialty Coffee Association*), reconhecida internacionalmente como o padrão oficial para a classificação de cafés especiais. As análises foram realizadas por profissionais certificados pelo *Coffee Quality Institute* (CQI), conhecidos como Q-Graders. O café foi avaliado em 11 atributos sensoriais, utilizando escala centesimal (0 a 100), em que cafés com pontuação igual ou superior a 80 são classificados como "*specialty*" (SCA, 2008).

A análise inicia-se com a torra dos grãos, por aproximadamente 8 minutos, resultando em uma torra média. Na sequência, é realizada a moagem de forma imediatamente prévia à degustação, sendo o café de cada xícara moído separadamente, visando evitar contaminação cruzada entre amostras. Para cada zona avaliada foram utilizadas cinco xícaras, de acordo com a metodologia. Após moagem e com os grãos ainda secos, procedeu-se a avaliação de fragrância e aroma, realizando anotações das percepções do cheiro de cada xícara de acordo com a Roda de Sabores (*Flavor Wheel*) da SCA (Figura 6). Como passo posterior, adiciona-se água quente às xícaras e espera-se 5 minutos, até a formação de uma película na superfície. Esta é quebrada com uma colher para análise descritiva da percepção sobre a liberação de aromas de infusão, de acordo com a Roda de Sabores.

A degustação é iniciada após as amostras de café atingirem uma temperatura próxima a 70 °C, cerca de 10 minutos após a adição da água. Na degustação, o café é sugado de forma a cobrir toda a boca, visando atingir com intensidade a região responsável pela percepção dos sabores. Nesse momento, foram avaliados o sabor (*Flavor*) e a finalização (*Aftertaste*).

Conforme a bebida vai esfriando, aproximadamente a 55 °C, são analisados os atributos de acidez, corpo (*Body*) e equilíbrio (*Balance*). O equilíbrio foi determinado com base na harmonia percebida entre o sabor, a finalização, a acidez e o corpo. Ao se atingir temperatura ambiente (próxima a 35 °C), são avaliadas na bebida a doçura, a uniformidade entre as xícaras e a ausência de defeitos. Cada xícara é julgada individualmente, somando até dois pontos por atributo, totalizando um máximo de dez pontos por amostra. Finalmente, ao se atingir o equilíbrio térmico com o ambiente (21 °C), foi realizada a avaliação global (*Overall*), nota atribuída com base no conjunto de percepções e impressões durante todas as etapas da análise sensorial.

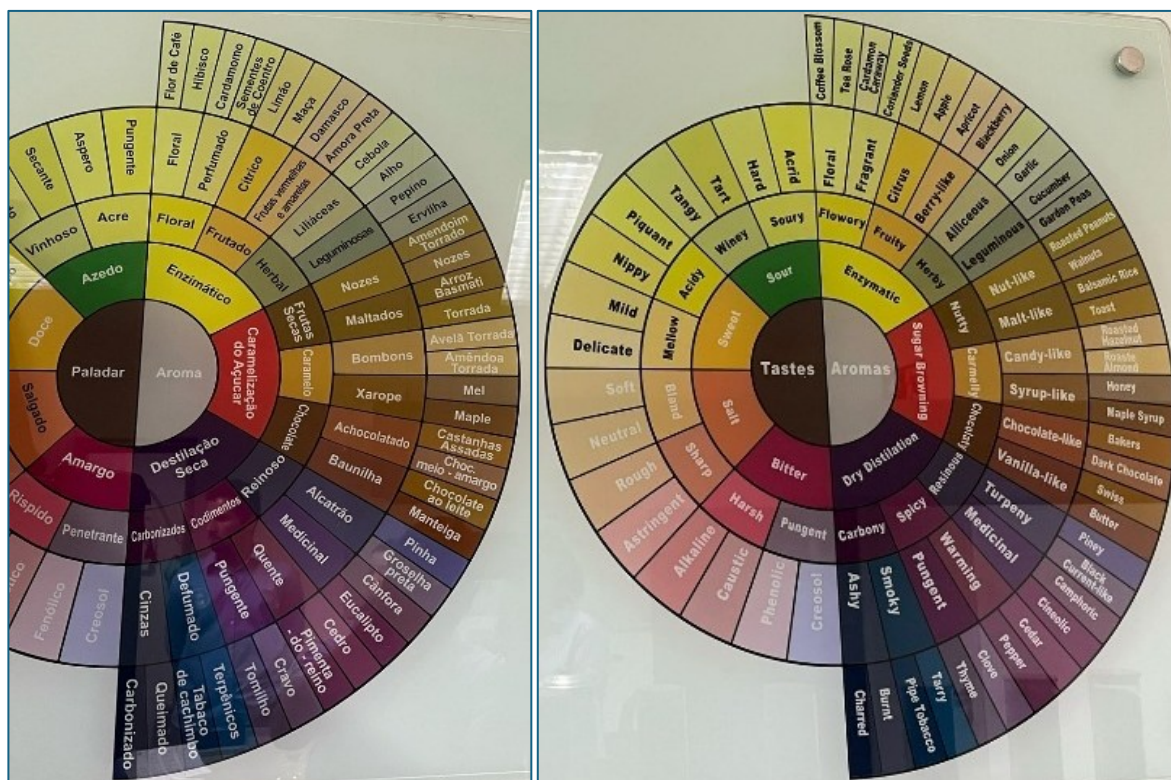


Figura 6: Roda de sabores (*Flavor Wheel*), desenvolvida pela SCA (*Specialty Coffee Association*).
Fonte: Autora (2025).

2.5 Análise estatística

Os dados de solo, produtividade e de classificação do café foram analisados pela estatística descritiva, a partir do mínimo, máximo, média, mediana e coeficiente de variação. De forma espacial, os dados foram analisados pela geoestatística, com modelagem do semivariograma e interpolação por krigagem, com auxílio do programa Surfer® (GOLDEN SOFTWARE, 1999).

A geoestatística permite, a partir do semivariograma, caracterizar a estrutura espacial da variabilidade, identificando o alcance da autocorrelação espacial. Já a krigagem permite a interpolação dos dados, estimando valores em locais não amostrados (YAMAMOTO, 2020). A geração das zonas de diferentes potenciais foi realizada no ambiente Qgis (QGIS Development Team, 2015), a partir do plugin *Smart Map Plugin – SMP*, com uso dos dados de altitude, areia, argila e produtividade.

Para cada zona, foram correlacionados os dados advindos da classificação física e os resultados sensoriais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Classificação física de grãos de café

Os dados de grãos retidos em peneira e defeitos permitiram observar valores de média e mediana próximos, indicando comportamento próximo ao normal para a maioria dos atributos avaliados (Tabela 3). Em relação ao coeficiente de variação (CV%), estes foram classificados como médios para os grãos retidos nas peneiras 15 e 16 e para o tipo de café (GOMES, 1990).

Tabela 3: Análise descritiva para os dados de grãos retidos em peneiras (%) e defeitos físicos nos grãos de café.

Peneira (%) e Defeitos (g)	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV (%)
Peneira 17 (%)	20,7	20,1	12,6	30,6	20,5
Peneira 16 (%)	28,7	30,1	15,5	34,7	14,8
Peneira 10 (%)	11,9	11,7	4,9	20,6	25,8
Peneira 15 (%)	22,4	22,6	15,0	33,5	18,7
Peneira 14 (%)	8,9	8,0	4,1	22,0	38,2
Peneira 13 (%)	3,6	3,2	1,3	8,2	41,9
Grãos Pretos (g)	0,2	0,2	0,0	1,0	86,5
Grãos Ardidos (g)	0,2	0,1	0,0	1,1	127,0
Grãos Brocados (g)	1,4	1,0	0,1	4,3	82,2
Grãos Concha (g)	2,1	2,0	0,8	5,1	42,6
Grãos Miolo de Concha (g)	1,7	3,9	1,4	14,3	61,7
Grãos Verdes (g)	5,5	4,9	1,9	15,1	54,3
Tipo de café	4,7	4,4	3,4	6,2	12,8
Quantidade de Defeitos	23	42	23	108	34,8

Altos CV ($20\% < CV < 30\%$) foram observados para os grãos retidos nas peneiras 10 e 17, enquanto CV muito alto ($CV > 30\%$), para os grãos retidos nas peneiras 13 e 14 e para os defeitos dos grãos de café, com destaque para os grãos ardidos ($CV=127\%$). O CV (%) pode ser indicativo da presença de comportamento espacial na estrutura dos dados (GOMES, 1990).

Quando avaliados os atributos de forma espacial (Tabela 4), pode ser evidenciada a presença de comportamento espacial para os grãos retidos nas peneiras, à exceção da peneira 10, correspondente aos grãos moca. Para os defeitos, observou-se a ausência de comportamento espacial explicável por um modelo para a maioria dos atributos, caracterizando o efeito pepita puro – EPP (GREGO; OLIVEIRA, 2015). De maneira geral, o modelo ajustado aos atributos avaliados foi o esférico. O efeito pepita (Co) próximo à origem indica que a maior parte da

variabilidade presente nos dados foi reconhecida pela estrutura de dependência espacial modelada.

Tabela 4: Parâmetros dos semivariogramas para os atributos grãos retidos em peneiras e defeitos físicos do café.

Peneira (%) e Defeitos (g)	Modelo	Efeito Pepita (Co)	Patamar (Co + C)	Alcance (Ao)	R² (%)
Peneira 17	Esférico	0	1,4	483,3	94,0
Peneira 16	Esférico	0	6,6	205,0	61,3
Peneira 10	EPP ¹	-	-	-	-
Peneira 15	Esférico	0	6,2	124,9	61,7
Peneira 14	Esférico	0	1,0	234,5	60,6
Peneira 13	Esférico	0	0,4	235,7	96,4
Grãos Pretos	Esférico	0	0,0	299,8	88,5
Grãos Ardidos	EPP	-	-	-	-
Grãos Brocados	Esférico	0	0,3	347,0	98,5
Grãos Concha	EPP	-	-	-	-
Grãos Miolo De Concha	EPP	-	-	-	-
Grãos Verdes	Esférico	0	4,9	382,0	95,2
Tipo De Café	EPP	-	-	-	-
Quantidade De Defeitos	EPP	-	-	-	-

¹EPP: Efeito Pepita Puro

Os altos coeficientes de determinação (R^2) observados para os atributos peneira 17 (94,0%), peneira 13 (96,4%), grãos pretos (88,5%), grãos brocados (98,5%) e grãos verdes (95,2%) indicam que o ajuste do modelo ao semivariograma experimental foi robusto, garantindo maior confiabilidade para a interpolação por krigagem (Tabela 4).

O alcance (Ao), que define a distância a partir da qual não há mais correlação espacial entre amostras, variou de 124,9 m (peneira 15) a 483,3 m (peneira 17), destacando uma maior continuidade espacial para os grãos na maior peneira, ou seja, para o tamanho de grãos que mais impacta na qualidade de bebida do café. A análise geoestatística realizada neste trabalho, leva em consideração critérios de não tendenciosidade e de variância mínima (GREGO *et al.*, 2014; VIEIRA, 2000).

Nesse sentido, os modelos de semivariograma (Figura 7) e os mapas de contorno (Figura 8), obtidos para os atributos de grãos retidos nas peneiras e defeitos físicos dos grãos, complementam as observações descritas anteriormente.

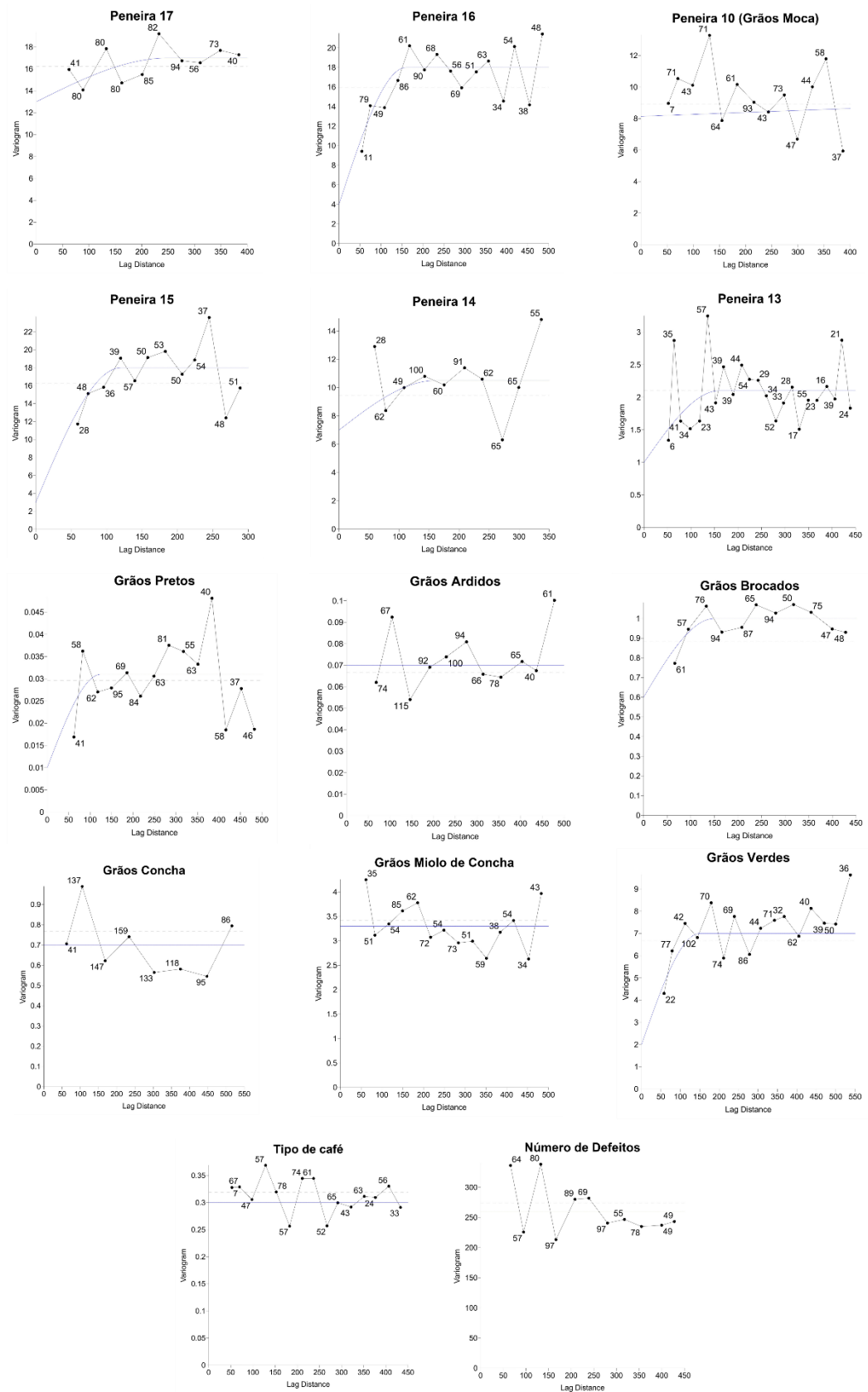


Figura 7: Semivariogramas experimentais para os atributos grãos retidos nas peneiras e defeitos físicos.
Fonte: Autora (2025).

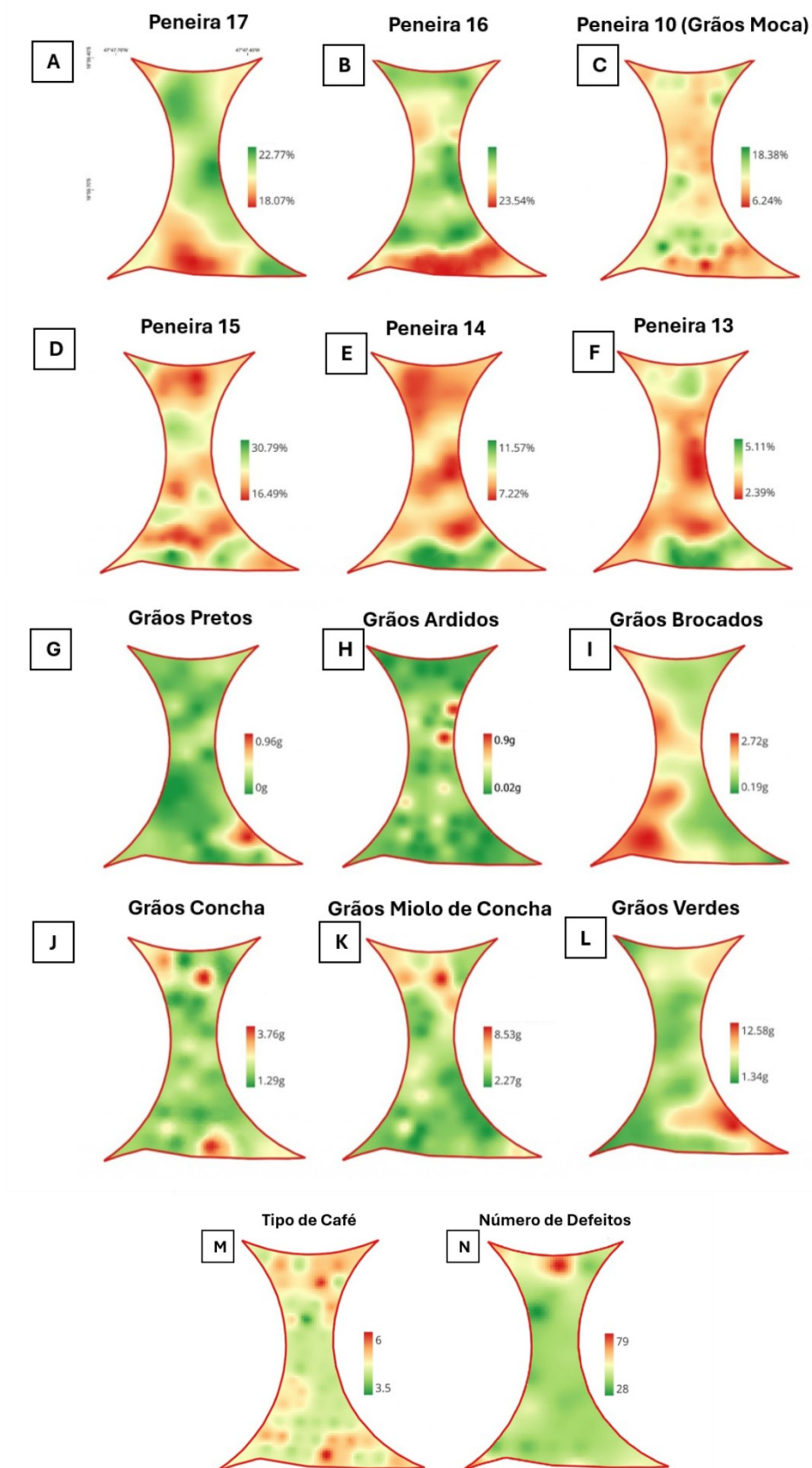


Figura 8: Mapas interpolados por krigagem para os grãos retidos em peneira e defeitos físicos dos grãos. (Interpolação por IDW realizada para os atributos com ausência de dependência espacial).
Fonte: Autora (2025).

Ao analisar os mapas, é possível visualizar uma relação direta entre os padrões encontrados para as peneiras 16 e 17 (Figura 8A e 8B), com maior concentração de grãos maiores na parte central do talhão. Relação oposta foi observada ao se compararem as peneiras 13 e 14 (Figuras 8E, 8F) com os defeitos grãos verdes (Figura 8L), o que pode ser explicado pelas condições climáticas ocorridas durante o desenvolvimento dos frutos, especialmente no período de enchimento e formação dos grãos. Durante a segunda florada, a ocorrência de temperaturas elevadas entre a expansão dos frutos, onde a água desempenha papel fundamental para aumento de tamanho, ao enchimento dos grãos pode ter comprometido o desenvolvimento adequado, resultando em maior proporção de grãos menores. Além disso, a maior incidência de grãos verdes pode estar associada a possíveis excessos de adubação na área, interferindo no equilíbrio fisiológico da planta e na maturação adequada dos frutos (ILLY; VIANI, 2005).

Por sua vez, relação direta foi observada também entre os defeitos grãos verdes e grãos pretos (Figura 8L, 8G) alocados na parte sudeste do talhão. Embora considerados defeitos ocasionados por colheita realizada em momentos distintos (grãos verdes, por colheita prematura, e os grãos pretos, por colheita tardia ou contato com o chão por longos períodos), essa similaridade pode estar associada a fatores ambientais e operacionais comuns, como variabilidade no microclima da lavoura, diferenças de insolação, sombreamento, disponibilidade hídrica e topografia, que afetam, de forma desigual, a maturação dos frutos (GASTL FILHO, 2018).

Similaridade foi evidenciada entre os mapas dos grãos concha e grãos miolo de concha (Figura 8J, 8K). Ambos os defeitos têm a sua origem em frutos com sementes imbricadas ou entrelaçadas, produto da fecundação dos dois óvulos em um único ovário, mostrando o defeito ao se separarem as sementes (SENAR, 2017).

3.2 Classificação sensorial de grãos de café

A classificação sensorial foi realizada a partir de dados advindos das 4 zonas de potencial (ZP) definidas para a área (Figura 9), sendo realizados, para cada uma, testes sensoriais (Gráfico 1).

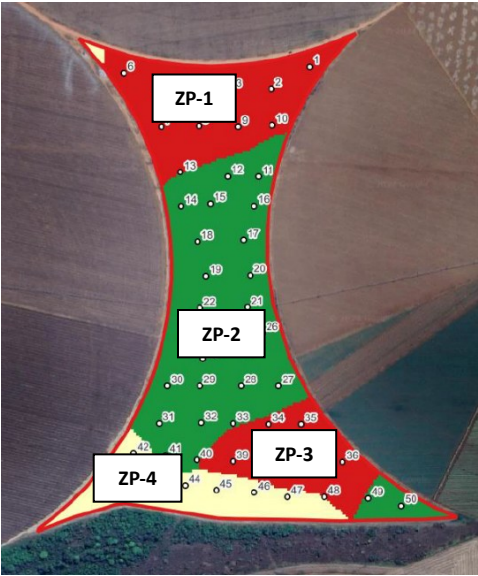


Figura 9: Mapa de zonas de diferentes potenciais (ZP) definidas na área.
Fonte: Autora (2024).

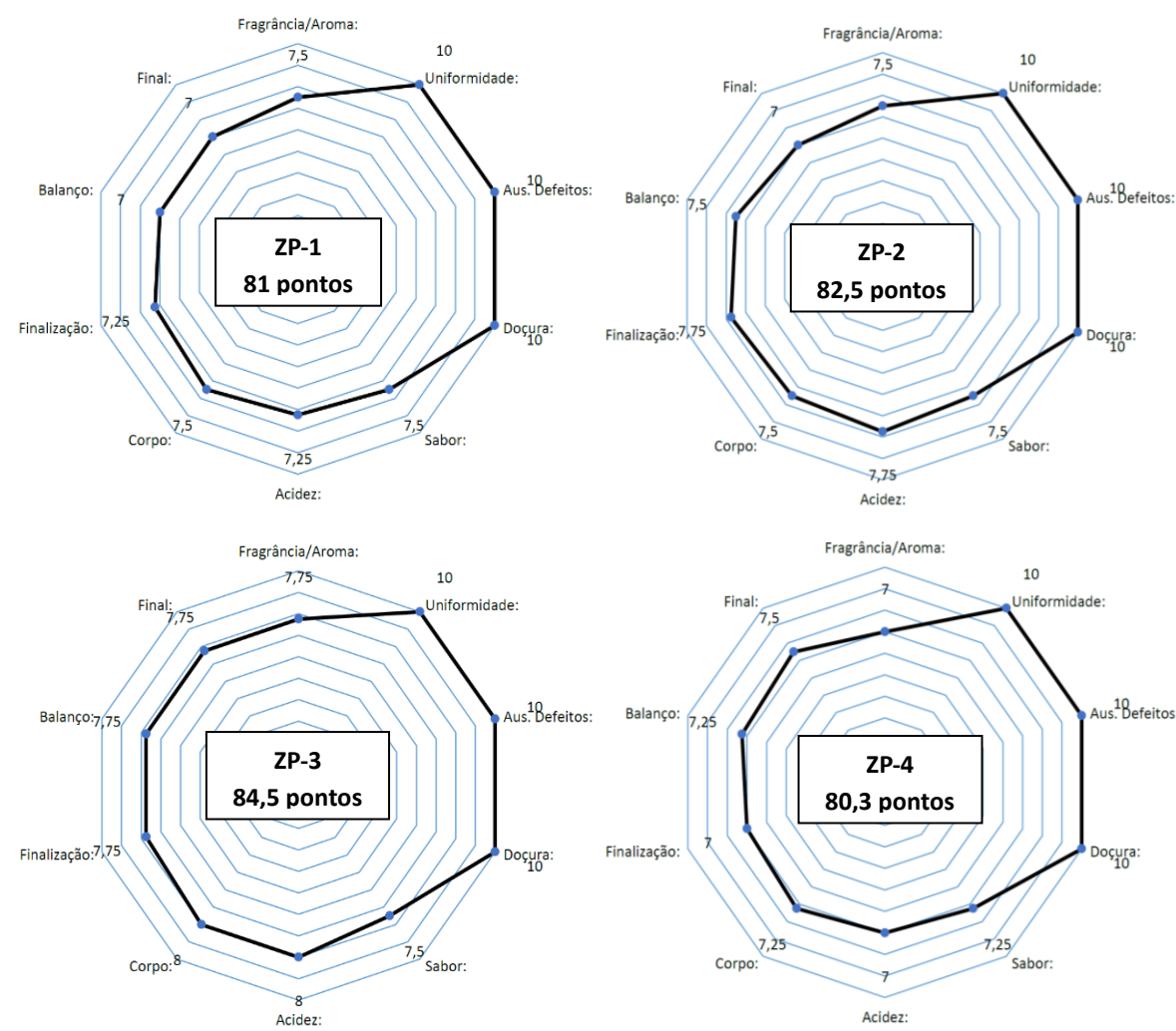


Gráfico 1: Análise sensorial da qualidade de bebida para as zonas de diferente potencial (ZP).
Fonte: Adaptado de COOCACER (2025).

Os dados sensoriais permitiram apontar a ZP-3 (Figura 9) como a de maior pontuação (84,5 pontos), enquanto a ZP-4 foi vinculada à menor nota no teste, com 80,3 pontos (Gráfico 1). A partir das notas registradas para cada zona, foi possível verificar a sua relação com os dados dos atributos físicos avaliados (retenção de peneira e defeitos nos grãos de café) (Tabela 5). Verificou-se que, na zona de potencial 3 (ZP-3), de maior nota sensorial na área, foram encontrados os maiores valores de peneira 17, 16 e 10 (grãos moca), assim como os menores valores de peneira 15, 14 e 13. De acordo com Souza *et al.* (2016), tamanhos maiores de grãos são diretamente relacionados à qualidade sensorial e à padronização do produto, o que pode ser traduzido em cafés com sabores mais equilibrados e complexos.

Tabela 5: Média dos dados de retenção de grãos nas peneiras e defeitos nos grãos de café para as zonas de diferente potencial (ZP) encontradas na área de estudo.

	ZP-1	ZP-2	ZP-3	ZP-4
Peneira 17	20,7	21,4	22,9	15,3
Peneira 16	30,2	30,0	31,9	20,4
Peneira 10	12,5	11,6	15,0	8,3
Peneira 15	20,3	23,2	17,0	27,6
Peneira 14	7,4	8,3	6,8	15,6
Peneira 13	3,9	3,0	2,9	5,6
Grãos Pretos	0,2	0,2	0,4	0,2
Grãos Ardidos	0,1	0,3	0,1	0,1
Grãos Brocados	0,6	1,6	0,5	2,5
Grãos Concha	2,5	1,9	1,9	2,4
Grãos Miolo De Concha	5,6	4,2	2,8	3,3
Grãos Verdes	7,0	4,1	10,5	2,7
Tipo de Café	5,0	4,5	4,8	4,9
Quantidade de defeitos	55,0	41,1	49,5	59,3

A partir desse pressuposto, grãos de menor tamanho podem resultar em cafés de menor qualidade. A observação condiz com os resultados obtidos no presente trabalho, no qual foram observados menores valores de peneiras 17, 16 e 10 e maiores valores de peneiras 15, 14 e 13, para os dados da zona de potencial 4, local onde foi registrada a menor nota sensorial (80,3).

Em relação aos defeitos, foi na ZP-3 onde se encontraram as menores médias para grãos ardidos, grãos brocados, grãos concha e grãos miolo de concha. Enquanto isso, na ZP-4, foram registrados os maiores valores de grãos brocados e grãos tipo concha. A ZP-2 registrou os maiores valores do atributo grãos ardidos. De acordo com Teixeira *et al.* (1971), são suficientes alguns grãos ardidos para haver prejuízo ao sabor de 50g do mais suave café.

Por sua vez, Silva *et al.* (2024) relatam que altas infestações de broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) significam uma redução significativa de açúcares e lipídios nos grãos, além de aumento da acidez titulável, condutividade elétrica, potássio lixiviado, ácido succínico e acético.

Os grãos verdes e grãos pretos foram predominantes na ZP-3. Cafés colhidos no estágio verde prejudicam o aspecto e a qualidade de torra. Teixeira, Levy e Carvalho (1984) afirmaram que o café colhido no estágio de maturação verde apresentou aspecto e torração de pior qualidade, quando comparados aos colhidos maduros. Já a adição progressiva de grãos pretos à bebida “mole” prejudica a qualidade de forma linear (TEIXEIRA, 1999).

No entanto, a presença desses dois defeitos em maior proporção não foi suficiente para afetar a melhor nota sensorial obtida para a ZP-3. Assim, atributos como corpo, fragrância/aroma, final, finalização e corpo, como a ausência ou menor presença de outros defeitos, podem ter compensado o impacto negativo, garantindo uma bebida de qualidade superior no conjunto geral da análise.

Quanto ao tipo de café, foram as zonas de diferentes potenciais 2 e 3 onde foram registrados os melhores índices (4,5 e 4,8, respectivamente), o que corrobora os resultados obtidos no teste sensorial, com maiores notas para ambas as zonas. Contudo, é preciso destacar que, apesar de ter sido obtida a maior nota sensorial na ZP-3, foi na ZP-2 onde foram obtidos os melhores índices para o atributo Tipo de Café, refletindo diretamente na quantidade de defeitos presentes no lote. Esse comportamento pode ser atribuído à maior incidência de grãos verdes na ZP-3, que, ao incrementar a proporção de defeitos, impacta para uma menor nota na classificação oficial do tipo de café.

A análise da variabilidade espacial dos atributos físicos e sensoriais dos grãos de café oferece subsídio a estratégias que visem aprimorar a qualidade do café produzido. Dessa maneira, trabalhos que almejam a caracterização detalhada dos talhões e a adoção de estratégias de manejo localizado constituem alternativas viáveis para melhorar a qualidade do café produzido, potencializando sua valorização no mercado e contribuindo para a competitividade da cafeicultura brasileira.

4. CONCLUSÃO

- Há variabilidade espacial para os atributos físicos dos grãos de café avaliados, e esta guarda relação direta com a qualidade final da bebida.
- A definição de zonas de diferentes potenciais é ferramenta viável para a análise sensorial da bebida de café.
- Zonas com maior predominância de grãos de café graúdos e com menor ocorrência de defeitos podem significar bebidas com maior pontuação sensorial.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H.M.R. *et al.* Efeitos das características ambientais na qualidade do café. **Informe Agropecuário. Inovações na Pós-Colheita e Qualidade do Café**, Belo Horizonte, v. 45, n. 327, p. 17-26, jun. 2024.
- BAZAME, H.C; MOLIN, J.P.; ALTHOFF, D.; MARTELLO, M. Detection, classification, and mapping of coffee fruits during harvest with computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.183, 2021.
- BORÉM, F.M. (ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. v. 1, 631 p.
- BORÉM, F.M. *et al.* Fatores que afetam a produção de café especial. In: BORÉM, F.M. (org.) **Tecnologia pós-colheita e qualidade de cafés especiais**. Lavras: Editora UFLA, 2023. cap.7, p.262-327.
- BORÉM, F.M. *et al.* Influence of genetics, environmental aspects and post-harvesting processing on coffee cup quality. In: FARAH, A. (ed.). **Coffee: production, quality and chemistry**. [London]: Royal Society of Chemistry, 2019. chapter 16, p.387-417.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 112, p. 4, 12 jun. 2003.
- CAIXETA, G.Z.T. **Aspectos Econômicos da Cultura do Café**. 22. ed. Belo Horizonte: Epamig, 2017. 234 p.
- CNC (Conselho Nacional do Café). **Café do Brasil**: confira a história. Confira a história. 2021. Disponível em: <https://cncafe.com.br/cafe-do-brasil-historia/>. Acesso em: 18 ago. 2024.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 12 – Safra 2025, n.2- Segundo levantamento, p. 1-56, maio 2025.
- COOCACER – Cooperativa dos Cafeicultores do Cerrado de Araguari Ltda. **Institucional**. Disponível em: <https://www.coocaceraraguari.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- GASTL FILHO, J. Ecofisiologia do Cafeeiro. In: DIAS, João Paulo Tadeu (org.). **Ecofisiologia de Culturas Agrícolas**. Belo Horizonte: Uemg, 2018. Cap. 6. p. 79-108.

Disponível em: [https://editora.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-](https://editora.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2018/Ecofisiologia/ecofisiologia_de_cultura_agricolas.pdf)

2018/Ecofisiologia/ecofisiologia_de_cultura_agricolas.pdf. Acesso em: 06 set. 2025.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer: guia do usuário** (version 7.0). Golden, CO, EEUU, 1999. 679 p.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. Piracicaba: Livraria Nobel S.A., 1990. 468 p.

GREGO, C.R. *et al.* Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos *et al* (ed.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 74-83.

GREGO, C.R.; OLIVEIRA, R.P.de. Conceitos Básicos da Geoestatística. In: OLIVEIRA, Ronaldo Pereira de *et al* (ed.). **GEOESTATÍSTICA APLICADA NA AGRICULTURA DE PRECISÃO UTILIZANDO O VESPER**. Brasília: Embrapa, 2015. Cap. 3. p. 41-62.

ILLY, A.; VIANI, R. (ed.). **Espresso Coffee: The Science of Quality**. 2. ed. Londres: Academic Press, 2005. 385 p.

ISPA - INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE. **Precision Agriculture Definition: ISPA**, mar. 2024. Disponível em:

<<https://www.ispag.org/about/definition>>. Acesso em: 6 set. 2025.

LIMA, J.S.S. *et al.* Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 16-23, mar. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902013000100003>.

OLIVEIRA, D.G. *et al.* **Correlação espacial de atributos físicos do solo e produtividade de tomate industrial**. [s.l]: Revista AgroAmbiente Online, jan./mar. 2018. v. 12, n. 1, p. 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i1.4211>. Acesso em: 06 set. 2025.

PEREIRA, G.W. *et al.* Smart-Map: an open-source qgis plugin for digital mapping using machine learning techniques and ordinary kriging. **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 1350, 1 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12061350>.

SCHWAMBACH, D. A., CORTEZ, J. W., FLORA, D. P. D., HENRIQUES, H. J. R., DONAIRE, L. D. O. Variability of soybean and corn yield and soil texture in the generation of management zones. **Energia Na Agricultura**, v.36, n.3, p.335–347, 2021.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Café: classificação e degustação.**

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília: SENAR, 2017. 112 p.

SILVA, S.A. *et al.* Physical and chemical attributes of beans damaged by the coffee berry borer at different levels of infestation. **Bragantia**, [S.L.], v. 83, n. 1, p. 1-11, 2024.

FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.20230251>.

SOUZA, L.N.C. de *et al.* Atributos físicos de grãos de café de diferentes níveis de qualidade da bebida. In: **CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA**, 29., 2016, Lavras. Anais [...]. Lavras: UFLA, 2016. Sessão 8, pôster 24.

SCA – SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **SCAA cupping protocols: protocolo para análise sensorial de café.** TSC-SCAA Rev. Dec. 2008, Doc V – Portuguese. [S.l.]: SCA, 2008. 26 p.

TEIXEIRA, A.A. Classificação do café. In: **Anais do I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade.** Viçosa, 1999. 259p.

TEIXEIRA, A.A.; CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Grãos defeituosos em café colhido verde. **Bragantia**. v. 30 c. 8, p. 77-90, 1971.

TEIXEIRA, A. A.; LEVY, F. A. e CARVALHO, A. Observações sobre várias características do café colhido verde e maduro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Londrina. **Resumo...**, p.227-228, 1984.

TOMAZONI, J.C.; GUIMARÃES, E. **Introdução ao QGIS-OSGeo4W-3.22.7.** São Paulo: Oficina de Textos, 2022. 402 p.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54. v. 1.

YAMAMOTO, J.K. **Estatística, Análise e Interpolação de Dados Geoespaciais.** [S. L.]: Oficina de Textos, 2020. 308 p.