



**ANTÔNIO AUGUSTO REZENDE REIS**

**ANÁLISE GGE BILOT COMO TECNOLOGIA PARA  
RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFÉ NO SUL DE  
MINAS GERAIS**

**LAVRAS - MG  
2025**

**ANTÔNIO AUGUSTO REZENDE REIS**

**ANÁLISE GGE BIPLLOT COMO TECNOLOGIA PARA RECOMENDAÇÃO DE  
CULTIVARES DE CAFÉ NO SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Pesq. Dr. Cesar Elias Botelho  
Orientador

Pesq. Dr. Denis Henrique Silva Nadaleti  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Reis, Antônio Augusto Rezende.

Análise GGE Biplot como tecnologia para recomendação de  
cultivares de café no Sul de Minas Gerais / Antônio Augusto  
Rezende Reis. – Lavras: UFLA, 2025.

81 p. : il.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2025.

Orientador: Cesar Elias Botelho

Coorientador: Denis Henrique Silva Nadaleti

Bibliografia.

1. Café. 2. Recomendação de cultivares. 3. Qualidade sensorial.  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**ANTÔNIO AUGUSTO REZENDE REIS**

**ANÁLISE GGE BILOT COMO TECNOLOGIA PARA RECOMENDAÇÃO DE  
CULTIVARES DE CAFÉ NO SUL DE MINAS GERAIS**

**GGE BILOT ANALYSIS AS A TECHNOLOGY FOR RECOMMENDING COFFEE  
CULTIVARS IN SOUTHERN MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2025.

Dr. Rubens José Guimarães                      UFLA

Dr. Guilherme Barbosa Abreu                      EMBRAPA-café

Pesq. Dr. Cesar Elias Botelho  
Orientador

Pesq. Dr. Denis Henrique Silva Nadaleti  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2025**

Aos meus pais, Marli e Fernando, que sempre me apoiaram durante toda a minha jornada, e me deram amor incondicional!

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, ao Espírito Santo e à Nossa Senhora, por abençoar, iluminar e guiar os meus caminhos durante todos os dias de minha vida. Sem a fé nada é possível, ela move montanhas e é nela que se encontra as respostas para tudo na vida.

Agradeço aos meus pais, Marli e Fernando, e à minha namorada Graziella, por sempre me apoiarem e acreditarem nos meus sonhos, serem base sólida e exemplos de pessoas e família em minha vida. Toda essa conquista não seria possível sem o apoio incondicional de vocês, vos amo!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo ensino de excelência, a todo o seu corpo docente, técnicos-administrativos e demais funcionários, que sempre estiveram prontos a me ajudar em qualquer dificuldade. Minha segunda casa durante sete anos, onde pude desfrutar de grandes momentos, cultivar grandes amizades que levarei para a vida, e por me tornarem o profissional qualificado que hoje sou.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e a todos que nela trabalham, por me acolherem, auxiliarem na condução dos experimentos, e darem todo o suporte necessário para as pesquisas.

Ao núcleo de estudos em cafeicultura (NECAF), pelas amizades conquistadas durante todos esses anos e pelo auxílio na avaliação dos experimentos. “Quando entrei para esse núcleo, uma família eu encontrei!”

Ao meu orientador Dr. Cesar Elias Botelho e meu coorientador Dr. Denis Henrique Silva Nadaleti, por me orientarem, darem suporte na pesquisa e pela amizade nesses anos!

Aos amigos Otavio Figueiredo, Thiago Tavares e João Pedro Machado, por estarem comigo em todo o processo de colheita dos experimentos. Não foi um processo fácil, mas sem vocês, não seria possível.

As agências de fomento, que financiaram esse projeto e possibilitaram que acontecesse, FAPEMIG, CAPES, CNPq e Consórcio Pesquisa Café!

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

E por fim, a todos de que de alguma forma contribuíram para esse trabalho!

Muito obrigado!

*“A persistência é o caminho para o êxito.”*

*(Chales Chaplin)*

## RESUMO

O Sul de Minas Gerais é uma região extensa e de grande importância na produção cafeeira, sendo assim, é interessante ter cultivares mais adaptadas ao cultivo. A evolução do melhoramento genético do cafeeiro favoreceu o lançamento de diversas cultivares de café com características desejáveis de resistência às principais doenças e pragas da cultura, qualidade de bebida e produtividade elevada. Todavia, o desempenho e adaptabilidade de novas cultivares nas diferentes regiões produtoras devem ser avaliados, em busca de resultados promissores, permitindo uma indicação mais assertiva. Objetivou-se com esse trabalho, avaliar o desempenho de novas cultivares de café arábica no Sul de Minas Gerais por meio de análises GGE Biplot. Para tanto, as avaliações foram feitas em lavouras implantadas em janeiro de 2021, em seis municípios dessa região, sendo eles: Três Pontas, Machado, Itamogi, Campestre, Paraguaçu e São Sebastião do Paraíso, com cultivares das principais instituições de pesquisa do Brasil. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) com 30 tratamentos (cultivares) e quatro repetições em cada ambiente de cultivo. Foram avaliados: produtividade, porcentagem de grãos de peneira alta, porcentagem de grãos moca, densidade e qualidade e, sensorial da bebida do café. Os dados coletados passaram por análise conjunta utilizando o Software R, submetendo à análise de variância, e quando detectadas diferenças significativas pelo teste f ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Scott-Knott para o agrupamento das médias. Também foi utilizada a análise GGE Biplot para estudar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares nos ambientes de estudo. Os resultados obtidos permitiram inferir que há cultivares de café com maior potencial produtivo nas primeiras duas safras, sendo a IPR 100 o material em destaque com  $38,85 \text{ sc ha}^{-1}$  no primeiro biênio produtivo, também foi identificado um segundo grupo de cultivares com elevadas médias de produtividade, sendo elas: IAC Obatã Amarelo 4739, Arara e Catucaí 2SL, com produtividades médias de  $33,90$ ,  $33,44$  e  $33,30 \text{ sc ha}^{-1}$  respectivamente. A cultivar IPR 107 se destacou com elevado percentual de peneira alta e baixa porcentagem de grãos moca. A cultivar MGS Paraíso 2 foi a que obteve melhor qualidade sensorial de bebida dentre todas as outras, atingindo mais de 85 pontos na média de seis ambientes. As análises GGE Biplot foram eficientes para o estudo da adaptabilidade e estabilidade, identificando os melhores genótipos para cada local de cultivo e formaram mega ambientes com características similares que permitem uma recomendação em conjunto.

Palavras-chave: produtividade; qualidade sensorial; recomendação de cultivares; GGE Biplot.

## ABSTRACT

The South of Minas Gerais is an extensive region of great importance in coffee production. Therefore, it is interesting to have cultivars that are better adapted to the cultivation. The evolution of genetic breeding in coffee plants has led to the release of several coffee cultivars with desirable characteristics such as resistance to the main diseases and pests, drink quality, and high productivity. However, the performance and adaptability of new cultivars in different producing regions must be evaluated in search of promising results, enabling more accurate recommendations. The objective of this study was to evaluate the performance of new arabica coffee cultivars in the South of Minas Gerais through GGE Biplot analysis. For this, evaluations were carried out in fields planted in January 2021 in six municipalities of this region: Três Pontas, Machado, Itamogi, Campestre, Paraguaçu, and São Sebastião do Paraíso, using cultivars from the main research institutions in Brazil. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with 30 treatments (cultivars) and four replications in each cultivation environment. The following factors were evaluated: productivity, percentage of high-screened grains, percentage of defective grains, density, and the sensory quality of the coffee beverage. The collected data were analyzed jointly using R software, performing an analysis of variance, and when significant differences were detected by the F-test ( $p < 0.05$ ), the Scott-Knott test was applied to group the means. GGE Biplot analysis was also used to study the adaptability and stability of the cultivars in the study environments. The results allowed for the inference that there are coffee cultivars with greater productive potential in the first two harvests, with IPR 100 standing out with 38.85 sc ha<sup>-1</sup> in the first productive biennium. A second group of cultivars with high average productivity was also identified, including: IAC Obatã Amarelo 4739, Arara, and Catucaí 2SL, with average productivities of 33.90, 33.44, and 33.30 sc ha<sup>-1</sup>, respectively. The cultivar IPR 107 stood out with a high percentage of high-screened grains and a low percentage of defective grains. The cultivar MGS Paraíso 2 achieved the best sensory quality of the beverage among all others, reaching over 85 points on average across six environments. GGE Biplot analyses were effective for studying adaptability and stability, identifying the best genotypes for each cultivation site and forming mega-environments with similar characteristics, which allows for a joint recommendation.

Keywords: productivity; sensory quality; cultivar recommendation; GGE Biplot.

## INDICADORES DE IMPACTO

Objetivou-se com o trabalho, avaliar o desempenho de cultivares de café na região Sul de Minas Gerais, por meio de parâmetros importantes como aspectos granulométricos, produtividade e qualidade de bebida, submetidos às análises de adaptabilidade e estabilidade, que identificam a melhor indicação de cada material genético para cada local. Com base nesses resultados foi possível recomendar as melhores cultivares por localidade, explorando o melhor de cada material em cada local, melhorando diretamente a cadeia produtiva do café. Essa pesquisa pode gerar impactos econômicos, melhorando a produtividade das lavouras e, conseqüentemente, a renda dos produtores rurais; impactos sociais, gerando mais empregos nas lavouras e fora delas; impactos culturais, impulsionando a produção de cafés especiais, cada vez mais procurados pelos consumidores. Dentre os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), a pesquisa se enquadra nos objetivos, “2: Fome zero e agricultura sustentável”, e “12: Consumo e Produção Sustentáveis”, visando uma produção consciente, que objetiva indicar genótipos adaptados aos locais de cultivo, que possibilitam maiores produtividades. Além disso, em sua maioria, são cultivares com resistência a algum patógeno, visando uma agricultura mais sustentável que possibilita a menor utilização de agroquímicos. Dentre as áreas temáticas de extensão, este trabalho está diretamente ligado à área 1: comunicação, por meio da difusão de resultados em publicações acadêmicas e dias de campo, que levam o resultado diretamente aos cafeicultores, estreitando o laço entre a universidade e o produtor rural, reforçando a extensão universitária; e à área 7: tecnologia e produção, utilizando novos materiais genéticos com elevado potencial. Esses impactos podem gerar resultados positivos a sociedade e ao meio ambiente, sendo a base de estudos futuros para uma produção mais viável economicamente e sustentável.

## **IMPACT INDICATORS**

The objective of this study was to evaluate the performance of coffee cultivars in the South of Minas Gerais, using important parameters such as granulometric aspects, productivity, and beverage quality, subjected to adaptability and stability analyses, which identify the best recommendation of each genetic material for each location. Based on these results, it was possible to recommend the best cultivars by locality, exploring the best characteristics of each material in each area, thereby directly improving the coffee production chain. This research can have economic impacts by improving farm productivity and, consequently, the income of rural producers; social impacts by generating more jobs both on and off the farms; and cultural impacts by promoting the production of specialty coffees, which are increasingly sought after by consumers. Among the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations (UN), this research aligns with the goals "2: Zero Hunger and Sustainable Agriculture" and "12: Responsible Consumption and Production," aiming for conscious production that recommends genotypes adapted to cultivation areas, which allow for higher productivity. Additionally, most of these cultivars are resistant to certain pathogens, promoting more sustainable agriculture that reduces the need for agrochemicals. Among the thematic areas of extension, this work is directly linked to area 1: communication, through the dissemination of results in academic publications and field days, which bring the results directly to coffee growers, strengthening the bond between the university and rural producers, reinforcing university extension; and area 7: technology and production, by using new genetic materials with high potential. These impacts can generate positive results for society and the environment, forming the foundation for future studies aimed at a more economically viable and sustainable production.

## LISTA DE FIGURAS

### SEGUNDA PARTE

- Gráfico 1 – GGE Biplot / “Which won Where”, de 30 cultivares de café arábica avaliados em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade. ....49
- Gráfico 2 – GGE Biplot/ Média produtiva e estabilidade de 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade. .... 51
- Gráfico 3 – GGE Biplot/ Ranqueamento dos melhores genótipos referentes a 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade (sc ha<sup>-1</sup>). .... 52
- Gráfico 4 – GGE Biplot/ Potencial de discriminação de cultivares e representatividade dos seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade (sc ha<sup>-1</sup>). .... 53
- Gráfico 5 – GGE Biplot/ “Which won Where”, de 30 cultivares de café arábica avaliados em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de qualidade sensorial de bebida. ....54
- Gráfico 6 – GGE Biplot/ Média e estabilidade de 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para característica de qualidade sensorial de bebida..... 55
- Gráfico 7 – GGE Biplot/ Ranqueamento dos melhores genótipos referentes a 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para característica de qualidade sensorial de bebida. .... 56

Gráfico 8 – GGE Biplot/ Potencial de discriminação de cultivares e representatividade dos seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para característica de qualidade sensorial de bebida.....	57
--	----

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE

- Tabela 1 – Espaçamento, estande e altitude nos seis ambientes de estudo: Campestre, Machado, Paraguaçu, Três Pontas, São Sebastião do Paraíso e Itamogi. .... 39
- Tabela 2 – Cultivares de café, instituições de pesquisa criadoras e código relacionado ao experimento..... 40
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância apresentando as estimativas do quadrado médio dos efeitos para as características: Produtividade, Peneira Alta, Moca, Densidade e Qualidade em seis locais: Campestre, Itamogi, Machado, Paraguaçu, São Sebastião do Paraíso e Três Pontas..... 44
- Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta dos seis ambientes, apresentando as estimativas do quadrado médio dos efeitos para as características: Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ), Peneira alta (%PA), Moca (% Moca), Densidade ( $kg\ m^{-3}$ ) e Qualidade. .... 45
- Tabela 5 – Médias de Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ), porcentagem de peneira alta (%PA), porcentagem de grãos moca (%Moca), qualidade de bebida e densidade ( $kg\ m^{-3}$ ) de 30 cultivares de café arábica avaliadas em seis municípios do sul do estado de Minas Gerais. (continua...)..... 14
- Tabela 6 – Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade ( $kg\ m^{-3}$ ) de 30 cultivares de café no município de Campestre-MG..... 69

### APÊNDICES

- Tabela 7 – Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade ( $kg\ m^{-3}$ ) de 30 cultivares de café no município de Itamogi-MG ..... 71
- Tabela 8 – Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade ( $kg\ m^{-3}$ ) de 30 cultivares de café no município de Machado-MG..... 73
- Tabela 9 – Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade ( $kg\ m^{-3}$ ) de 30 cultivares de café no município de Paraguaçu-MG. .... 75

Tabela 10 – Produtividade ( $\text{sc ha}^{-1}$ ), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ ) de 30 cultivares de café no município de São Sebastião do Paraíso-MG.....	77
Tabela 11 – Produtividade ( $\text{sc ha}^{-1}$ ), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ ) de 30 cultivares de café no município de Três Pontas-MG .....	78

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE .....</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Cafeicultura no Sul de Minas Gerais .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Melhoramento genético e cultivares de café arábica.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Interação Genótipos X Ambientes (GxA).....</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Potencial de cultivares na produção de cafés especiais .....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO .....</b>	<b>34</b>
	<b>ARTIGO 1 ANÁLISE GGE BILOT COMO TECNOLOGIA PARA RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFÉ ARABICA NO SUL DE MINAS GERAIS.....</b>	<b>35</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1</b>	<b>Descrição dos experimentos .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2</b>	<b>Variáveis analisadas .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>42</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>68</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande relevância na produção cafeeira mundial, sendo o maior produtor e exportador, responsável por cerca de um terço de todo o café comercializado no mundo. Minas Gerais é o estado com maior tradição cafeeira, responsável por 51,21% da produção nacional (CONAB, 2024). As lavouras concentram-se principalmente na região Sul de Minas, local amplo e com diferentes condições climáticas, de solos, fertilidade, altitude, latitudes e longitudes, porém, ideal para o cultivo de café.

Com o avanço da cafeicultura no século XX, iniciaram-se os programas de melhoramento do cafeeiro. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), foi pioneiro nos estudos, lançando as cultivares Mundo Novo e Catuaí que, por serem mais produtivas na época e apresentarem boa adaptabilidade às diferentes regiões de cultivo, difundiram-se rapidamente por todo o parque cafeeiro brasileiro. Porém, essas cultivares suscetíveis a doenças, e, com a chegada da ferrugem do cafeeiro em 1970, as diversas instituições de pesquisa viram a necessidade de criar programas de melhoramento para obtenção de cultivares resistentes ao patógeno *Hemileia vastatrix*.

Foram lançadas diversas cultivares e, atualmente, existem 125 registradas no registro nacional de cultivares (RNC) (MAPA, 2025). As cultivares dos grupos Mundo Novo e Catuaí por muitos anos foram as mais plantadas, todavia, o perfil do produtor vem se alterando, e a implantação ou renovação de lavouras utilizando novas cultivares, que sejam resistentes, produtivas, uniformes e com boa qualidade de bebida, vem se tornando uma realidade crescente.

O desempenho das novas cultivares não depende única e exclusivamente de seu potencial genético, mas também de sua interação com o local de cultivo e as variáveis ambientais presentes, responsáveis pela expressão fenotípica dos materiais. A maioria dessas interações são complexas e podem alterar o ranqueamento produtivo das diferentes cultivares, fazendo com que algumas sejam mais adaptadas em determinado ambiente, possibilitando recomendações de forma mais assertiva. Além disso, a adaptação ao sistema de cultivo de cada produtor deve ser considerada, pois uma cultivar só será a melhor quando satisfizer os interesses do cafeicultor.

A qualidade física e de bebida dos grãos influenciam o preço final do café, logo, deve ser avaliada juntamente com a capacidade produtiva, gerando respostas de ganhos econômicos, e apontando quais cultivares são mais indicadas para comercialização de cafés especiais ou *commodities*.

Sendo assim, o conhecimento dos comportamentos agronômicos de cada cultivar, em diferentes ambientes de produção, é de fundamental importância para uma recomendação assertiva. Para isso, a condução de experimentos que testam o desempenho de novas cultivares e métodos analíticos eficientes no tratamento dos dados são essenciais para a obtenção de resultados que possibilitem satisfazer o interesse de cada cafeicultor, atendendo suas demandas, colocando a cultivar certa no local adequado para se alcançar o resultado esperado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cafeicultura no Sul de Minas Gerais

O Brasil tem grande importância mundial na produção cafeeira, sendo o maior produtor e exportador do grão. Em 2024, foi responsável por 31% da produção mundial, produzindo 54,78 milhões de sacas e exportando 50,4 milhões. A área ocupada por lavouras cafeeiras chega a 2,24 milhões de hectares, dessas, 1,9 milhões estiveram em produção para o ano de 2024 (CECAFE, 2024; CONAB, 2024).

O estado de Minas Gerais tem seu lugar de destaque na cafeicultura brasileira, sendo o maior produtor, especialmente de café arábica. Em 2024, o estado foi responsável por produzir aproximadamente 28 milhões de sacas, o que representa 51,21% da produção nacional, além disso, conta com um parque cafeeiro de 1,37 milhões de hectares, o que representa 61,16% do total (CONAB, 2024).

A região do Sul de Minas, em especial, é a mais relevante para o estado no que se refere à produção de café, contando com 146 municípios, onde predomina a agricultura familiar, sendo um dos pilares na geração de renda (Toledo, 2019). A cafeicultura se estabeleceu com êxito na região devido as condições climáticas favoráveis e disponibilidade de mão de obra para o trabalho, tornando-se responsável por boa parte da produção estadual de café (Vilas Boas, 2021). A cafeicultura sul mineira tem grande responsabilidade no desenvolvimento socioeconômico local, produzindo aproximadamente 5 bilhões de reais em receita, anualmente (Peixoto *et al.*, 2017; Alves; Lindner, 2020).

O Sul de Minas tem grande extensão territorial, com áreas de 800 a pouco mais de 1000 metros de altitude, diversificando as condições de cultivo e possibilitando a produção de cafés especiais (Alves *et al.*, 2019). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a região Sul de Minas se enquadra nos parâmetros Cwa, contando com clima temperado úmido, com presença de inverno seco com verão quente e chuvoso. A temperatura média anual é de 21°C e precipitações médias de 1350 a 1650 mm anuais (Reboita *et al.*, 2015). Tal volume hídrico possibilita com que os cultivos sejam realizados, em sua maioria, sem a exigência de irrigação, chamados cultivo em sequeiro (Bregagnoli; Monteiro, 2017).

A complexidade ambiental abrangida pelo Sul de Minas vai muito além, contendo diferentes tipos de solo, relevo, latitude, longitude, dentre diversos outros fatores. Isso propicia que microrregiões sejam identificadas dentro da macrorregião sul mineira. Algumas dessas

microrregiões cafeeiras foram estudadas e agrupadas, sendo consideradas Denominações de Origem ou Indicação Geográfica, por conterem características próprias que possibilitam que os produtos ali gerados sejam únicos, singulares e peculiares desses locais (Gonçalves; Almeida; Bastos, 2018). Na visão da produção cafeeira, dentro do Sul de Minas é possível encontrar a denominação de origem da Mantiqueira de Minas, que abrange os municípios da região da Serra da Mantiqueira. Além disso, o Sul de Minas faz divisa com outras duas regiões de Indicação de Procedência, a Região do Pinhal e a Alta Mogiana, no Norte de São Paulo, a Indicação de Procedência do Campo das Vertentes e a Denominação de Origem do Cerrado Mineiro (BSCA, 2023).

As certificações de indicações de procedência e denominações de origem ajudam a atribuir valor ao *Terroir* local, responsável por conferir uma qualidade autêntica aos cafés produzidos em cada região, com suas técnicas de manejo e ambientes exclusivos que permitem que o produto final seja composto por características únicas, mesmo estando dentro de uma mesma macrorregião (Morais; Mello, 2019).

Apesar de apresentar relevos mais acidentados em alguns ambientes, a mecanização se faz presente, respeitando algumas limitações. A implantação de técnicas agronômicas adequadas possibilita a mecanização de regiões mais acidentadas, reduzindo custos de operação e gerando maior retorno financeiro ao cafeicultor (Lani *et al.*, 2018).

As altitudes mais elevadas e clima ameno propiciaram boa adaptação de cultivares de café arábica à região. Porém, por conter um parque cafeeiro predominantemente constituído por cultivares dos grupos Mundo Novo e Catuaí, que não são resistentes a doenças, a cafeicultura do Sul de Minas ainda sofre com danos da ferrugem do cafeeiro, principal doença que incide nas lavouras, necessitando investir em novas técnicas, como a renovação dos cafezais com a utilização de cultivares resistentes (Sera *et al.*, 2022).

Sendo assim, avaliações de adaptabilidade e estabilidade são importantes para uma indicação assertiva de novas cultivares para as diferentes microrregiões do Sul de Minas em seus vários ambientes. A interação entre genótipos e ambientes pode distinguir uma cultivar como sendo boa ou excelente em uma determinada região, devido a expressão do fenótipo (Cargnin *et al.*, 2006). As relações entre genótipos x ambientes são complexas, o que dificulta a recomendação generalizada de um material genético para diferentes regiões (Pinto *et al.*, 2012). A cultivar Bourbon Amarelo IAC J10, por exemplo, quando testada em diferentes ambientes, apresentou menor adaptabilidade, produzindo 44,13% a menos que a média ambiental se comparado com a cultivar IPR 103, mostrando a importância de uma indicação

correta (Carvalho *et al.*, 2012). Logo, os programas de melhoramento devem investir cada vez mais em testes de desempenho e competição de cultivares, a fim de gerar dados e otimizar tais recomendações.

## 2.2 Melhoramento genético e cultivares de café arábica

O início do processo de melhoramento genético do cafeeiro no Brasil se deu no IAC, em 1930, com o advento das pesquisas realizadas pelo pesquisador Dr. Alcides Carvalho, realizando hibridações com diferentes espécies de café, a fim de obter novos genótipos com maiores potenciais produtivos e melhor qualidade de bebida (Krug; Carvalho, 1945). No estado de Minas Gerais, a partir de 1970, a Fundação Procafé e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) juntamente com a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), também implantaram suas linhas de pesquisa no melhoramento genético do cafeeiro, o que trouxe grandes avanços na pesquisa e lançamento de novas cultivares (Dias *et al.*, 2005).

No Brasil, as primeiras linhas de melhoramento vieram a partir do desenvolvimento das cultivares Bourbon e Caturra que seriam a base para os cruzamentos posteriores; a partir dessas, vieram várias séries de cruzamentos e hibridações que culminaram no lançamento de várias cultivares dos grupos do Mundo Novo e Catuaí (Carvalho, 2008). Tais cultivares se adaptaram muito bem às condições climáticas de diversas partes do país, fazendo com que fossem amplamente difundidas tornando-se as principais formadoras do parque cafeeiro nacional (Veiga *et al.*, 2018).

Contudo, com a chegada da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), em 1970, o melhoramento genético teve que mudar de foco, visto que as linhagens de Mundo Novo e Catuaí eram suscetíveis à doença, que podia causar grandes perdas de produtividade, mudando as prioridades para a criação de cultivares resistentes (Carvalho, 2008). A ferrugem é, atualmente, a principal doença do cafeeiro, que apresenta intensa desfolha e depauperamento das plantas, podendo chegar a perdas de produtividade que alcançam patamares de 35 a 50% (Zambolim; Caixeta, 2021).

Com o foco voltado à criação de cultivares de café resistentes à ferrugem, foram inseridos no Brasil, novos materiais genéticos, a fim de equipar os campos de melhoramento com possíveis doadores de genes de resistência. Com isso, foram inseridos genótipos de Híbrido

de Timor, Icatu e Sarchimor, que se tornaram as principais fontes doadoras de resistência a ferrugem (Sera *et al.*, 2022).

Além da resistência à ferrugem, outros atributos vêm sendo trabalhados pelos programas de melhoramento genético, para obtenção de cultivares mais adaptadas às condições de cultivo. A resistência aos nematoides é um aspecto que vem sendo cada vez mais estudado. Esses vermes de solo são capazes de causar sérios prejuízos produtivos às lavouras de café. Algumas cultivares já apresentam resistência e podem ser utilizadas nos programas como doadoras de genes, como o IPR 106, que demonstra resultados satisfatórios de resistência a nematoides *Meloydogine incognita* e *M. Paranaensis*, além de apresentar elevada produtividade e qualidade de bebida (Sera *et al.*, 2020). As cultivares MGS Guaiçara e MGS Vereda, com elevada resistência a *M. Paranaensis* e alto potencial produtivo em áreas infestadas (Salgado *et al.*, 2022) e a cultivar IAC Herculândia, mais novo material lançado, apresentando resistência múltipla aos principais nematoides do gênero *Meloydogine*, sendo indicada como porta enxerto para cultivares de café arábica (Guerreiro Filho *et al.*, 2023).

Adicionalmente à resistência a pragas e doenças, o melhoramento do cafeeiro também busca por cultivares mais tolerantes a estresses abióticos, como o déficit hídrico e altas temperaturas. Algumas características morfoanatômicas permitem que algumas plantas sejam mais tolerantes à seca e, quando selecionadas de forma adequada, podem ser utilizadas nos programas de seleção com foco na herdabilidade de tais caracteres que são de grande interesse para o lançamento de novas cultivares (Silva *et al.*, 2022).

As cultivares de café podem ser divididas em grupos que se referem a sua origem genética. Existem os grupos do Catuaí, onde se encontram cultivares obtidas a partir do cruzamento de Mundo Novo e Caturra, por exemplo: Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99 e Catuaí Vermelho IAC 144; Grupo Catucaí, provenientes do cruzamento de Icatu com Catuaí, encontram-se cultivares, como: Catucaí 24/137, Catucaí 2SL, Japi, Azulão; Grupo Icatu, vindo do cruzamento de Bourbon Vermelho e *Coffea canephora* com retrocruzamento com Mundo Novo, são exemplos deste grupo as cultivares: Icatu Amarelo IAC 3282 e Icatu Vermelho IAC 4045; Grupo Mundo Novo, vindo da combinação de Sumatra com Bourbon Vermelho, por exemplo as cultivares: Mundo Novo IAC 379/19, Mundo Novo IAC 376/4, Acaiá IAC 374/19, Acaiá Cerrado MG 1474; Grupo Sarchimor, vindo do cruzamento de Villa Sarchi com Híbrido de Timor, tem-se por exemplo as cultivares: IAC 125 RN, IPR 107, IAPAR 59; Grupo Catimor vindo de cruzamento de Caturra com Híbrido de Timor, exemplo: Oeiras

MG 6851, Catimor UFV 353 e IBC Palma 2; e Grupo Catuaí x Híbrido de timor composto por cultivares como MGS Paraíso 2, MGS Ametista e Catiguá MG2 (Carvalho, 2022).

Atualmente existem 125 cultivares de café arábica registradas no RNC (Registro Nacional de Cultivares) por diversas instituições de pesquisa como Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epmig), Fundação Procafé, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-café) (MAPA, 2025). Essas cultivares contam com importantes características de interesse para o cafeicultor como alto potencial produtivo, resistência a pragas e doenças, adaptabilidade a regiões e sistemas de produção, qualidade de bebida, tamanho de grãos, dentre vários outros atributos (Carvalho, 2022).

Todavia, a quantidade de cultivares conhecidas pelos cafeicultores é pequena, apenas em torno de 40 são amplamente utilizadas (Carvalho, 2022). A maioria das cultivares registradas contam com genes de resistência a ferrugem do cafeeiro, porém, sua área plantada ainda é pequena. Isto ocorre devido a diversos fatores, como a boa adaptabilidade e produtividade de cultivares tradicionais como Mundo Novo e Catuaí e a eficiência de controle de fungicidas presentes no mercado. Porém, a utilização de cultivares resistentes possibilita a redução na utilização de agroquímicos e aumenta a sustentabilidade do sistema de produção, mostrando a importância de se realizar a difusão de informação para os produtores (Carvalho, 2022; Sera *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2021).

A indicação de cultivares deve ser baseada em critérios como local de plantio, clima, espaçamento, sistema de manejo adotado e capacidade produtiva da cultivar. A cultivar Arara vem tendo destaque em produtividade em diversos locais, além dela, outras cultivares como Catucaí Amarelo 24/137, Acauã Novo, Sabiá, Guará e Saíra têm demonstrado bons resultados produtivos e de adaptação (Matiello *et al.*, 2020).

O programa de melhoramento genético da EPAMIG foi responsável pelo lançamento de 21 cultivares de café arábica com boas respostas agrônomicas em diversos quesitos, como produtividade, arquitetura de planta, qualidade de bebida e resistência a doenças (Botelho *et al.*, 2021). Dessas, algumas têm tomado lugar de destaque com boa adaptabilidade para a região do Sul de Minas como a MGS Catucaí Pioneira, MGS Paraíso 2 e MGS Ametista, com elevadas produtividades médias e, ainda, a cultivar MGS Paraíso 2 com destaque para a produção de cafés especiais (Botelho *et al.*, 2023).

Cultivares obtidas a partir dos Híbridos de Timor, além de apresentarem boas características de resistência a ferrugem, também apresentam bom potencial para produção de cafés especiais com bebidas diferenciadas, como as cultivares Pau Brasil MG-1 e Catiguá MG2 (Sobreira *et al.*, 2015).

A cultivar MGS Aranãs também vem se destacando, apresentando boas características de resistência a ferrugem, grãos grandes, com mais de 70% retidos em peneira 17/64” e acima, bom rendimento e elevada produtividade, com médias que variam de 40 a 60 sacas por hectare na média das primeiras safras, com boa adaptabilidade e estabilidade para as diferentes regiões produtoras, sendo indicada para o plantio no Sul de Minas, Cerrado Mineiro e Vale do Jequitinhonha (Botelho *et al.*, 2022).

Quanto à adaptabilidade e estabilidade, as cultivares Catucaí Amarelo 24/137, Sabiá Tardio, Pau Brasil MG 1, Obatã IAC 1669-20, IPR 103 e Topázio MG 1190 são promissoras, pois apresentam elevada produtividade e grande percentual de grãos em peneira 16 e acima, em diferentes locais, demonstrando a baixa interferência do ambiente na capacidade produtiva das cultivares (Carvalho *et al.*, 2012).

As cultivares do grupo Catuaí, apesar de não apresentarem resistência a doenças, também apresentam boa adaptação aos sistemas de cultivo de todo estado de Minas Gerais, com destaque para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 15, Catuaí Amarelo IAC 30, Catuaí Amarelo IAC 62 e Catuaí Vermelho IAC 72, que aliam altas produtividades mesmo em locais desfavoráveis, e as cultivares Catuaí Vermelho IAC 100, Catuaí Amarelo IAC 86, e Catuaí Vermelho IAC 144 com maiores percentuais de grãos de peneira alta (Botelho *et al.*, 2010).

A cultivar MGS Paraíso 2, além de se adaptar bem aos diferentes sistemas de cultivo, se destaca em produtividade, rendimento, tamanho de frutos, qualidade de bebida e maturação precoce à média, que permite se enquadrar perfeitamente nas estratégias de escalonamento de colheita; em média de cinco safras obteve média produtiva de 49,4 sacas por hectare (Carvalho *et al.*, 2021) muito além da média nacional de 26 sc ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024).

### **2.3 Interação Genótipos X Ambientes (GxA)**

O desempenho produtivo das cultivares de café não depende apenas do seu potencial genético, mas também das condições ambientais onde são implantadas as lavouras. Esses dois fatores, bem como a sua interação (GxA), são responsáveis por fornecer o fenótipo da planta. A interação GxA possibilita que materiais genéticos apresentem resultados distintos dos

esperados em função do local onde são cultivados, sendo assim, a expressão fenotípica apresentada, pode não coincidir com o potencial genético da cultivar (Kang, 2020).

A interação GxA, pode ser classificada como simples ou complexa, dependendo do desempenho das cultivares em diferentes locais. A interação simples é aquela em que não ocorre mudança no ranqueamento de genótipos, independentemente do local em que são avaliados, já a interação complexa é aquela onde há alteração no ranqueamento dos materiais, sendo que alguns são mais responsivos que outros dependendo do ambiente de cultivo (Ramalho *et al.*, 2024). A resposta ao estímulo ambiental pode ser descrita por fatores previsíveis ou imprevisíveis. Os previsíveis são aqueles relacionados a características inerentes do local, que não se alteram facilmente, como tipo de solo, sistema de cultivo e período luminoso, enquanto os fatores imprevisíveis são aqueles que podem alterar com maior facilidade, sendo difícil prever, como regime pluviométrico e oscilação na temperatura (Ramalho *et al.*, 2024).

As relações entre genótipos x ambientes são dinâmicas, o que dificulta a recomendação generalizada de um material genético para diferentes regiões (Pinto *et al.*, 2012). Os efeitos ambientais podem, muitas das vezes, ser mais responsáveis pelo resultado final das cultivares, se comparados ao efeito genético. A cultivar Bourbon Amarelo IAC J10, por exemplo, quando testada em diferentes ambientes apresentou menor adaptabilidade se comparada com a cultivar IPR 103, mostrando a importância de uma indicação correta (Carvalho *et al.*, 2012).

Beksisa *et al.* (2021), ao estudar onze genótipos de café arábica em diferentes regiões, constatou que a variação dos resultados era explicada 41% pelos ambientes, 9% pelo genótipo e 32% pela interação genótipo x ambiente, representando a importância de se estudar os efeitos ambientais no desempenho de cultivares. Como exemplo, alterações de temperatura em função do ambiente pode interferir na qualidade final da bebida do café, alterando a síntese de lipídeos e compostos voláteis, que são essenciais na composição final da bebida (Sarzynski *et al.*, 2023).

Os estudos de adaptabilidade e estabilidade auxiliam na interpretação de resultados e análise de genótipos em diferentes regiões. A adaptabilidade está relacionada a capacidade do material genético responder positivamente ao estímulo ambiental, enquanto a estabilidade está relacionada a capacidade do material se manter produtivo em diferentes ambientes, sem muita variação (Ramalho *et al.*, 2024).

A partir desses estudos pode-se verificar quais cultivares são mais responsivas e estáveis sob o efeito ambiental, auxiliando nas recomendações gerais e específicas, indicando assim, materiais bons para vários ambientes, e genótipos que podem ter recomendações individuais devido à alta adaptabilidade a uma determinada região (Beksisa *et al.*, 2018). Barbosa *et al.*

(2019) por meio da análise multivariada, com intuito de selecionar cultivares mais adaptadas a região das Matas de Minas, concluíram que dentre nove cultivares, a cultivar Catucaí Amarelo 24/137 é estável e tem bom potencial produtivo para a região.

As análises de adaptabilidade e estabilidade podem ser feitas com base em diferentes métodos e analisando diversos fatores. Assim como outros métodos, a análise GGE Biplot pode ser uma ferramenta interessante nos programas de melhoramento genético com foco em seleção e recomendação de cultivares, considerando efeitos do genótipo, ambiente e a interação GxA (Sakata *et al.*, 2021).

O método GGE Biplot gera gráficos que demonstram quais materiais ganham em determinados locais ou regiões, delimitando mega ambientes e determinando a porcentagem de participação da interação GxA na resposta final de cultivares, facilitando a visualização e seleção para o melhorista (Ramalho *et al.*, 2024). Por ter um efeito bastante significativo, as indicações de cultivares não devem ser baseadas apenas no valor genotípico dos materiais, mas sim, nesse efeito somado à GxA, que podem ser visualizados nas análises GGE Biplot, que são realizadas com base em componentes principais de genótipo somados ao efeito de interação genótipo ambiente (Yan; Kang, 2003).

Compreendendo a complexidade da interação entre genótipo com o ambiente e seus impactos no cultivo do café, tanto no crescimento, quanto em produtividade e qualidade, saber interpretá-la é crucial para identificar cultivares mais estáveis que possam entregar bons resultados em diferentes ambientes e com boa qualidade sensorial (Sakata *et al.*, 2021).

## **2.4 Potencial de cultivares na produção de cafés especiais**

Um café para ser classificado como especial deve apresentar pontuação igual ou superior a 80 na classificação da *Specialty Coffee Association* (SCA), que leva em consideração atributos de fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, balanço e geral (Lingle, 2011).

O consumo de cafés especiais vem se tornando algo cada vez mais democrático e presente no dia a dia da população. A criação de cafeterias especializadas no fornecimento de bebidas de qualidade, associadas a uma experiência sensorial, criou um nicho de mercado para pessoas que não querem apenas beber café, mas ter uma experiência diferenciada durante a degustação (Reis *et al.*, 2021). A ascensão da terceira onda do café traz consigo uma relação de proximidade entre o consumidor e produtor, onde o apreciador final da bebida quer ter um

maior conhecimento daquilo que está apreciando, métodos de cultivo e processos, se tornando parte do sistema de produção (Boaventura *et al.*, 2018).

O processo de produção de cafés especiais é complexo e seu resultado culmina na interação dos fatores genéticos, ambientais e de processamento (Barbosa *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2016; Silveira *et al.*, 2016). Os diferentes processamentos, via úmida ou via seca, os equipamentos utilizados na pós-colheita, tipos de secagem, tempo de descanso e o zelo do produtor pelo produto final, são fundamentais para se alcançar bons resultados de bebida (Borém, 2023).

Os atributos químicos presentes nos grãos crus de café, também são capazes de modificar o perfil sensorial quando torrado, sendo de extrema relevância para a qualidade final, desenvolvendo o aroma, sabor, corpo, acidez e doçura da bebida (Borém *et al.*, 2016). A formação de tais compostos, dependem da expressão fenotípica, determinada pela interação genótipos x ambientes de cada material genético, portanto, podem variar conforme a cultivar utilizada e o local de cultivo (Malta *et al.*, 2020) e as condições climáticas de cada ano agrícola (Pezzopane *et al.*, 2012).

Algumas cultivares de café se destacam na produção de bebidas de maior qualidade, como as do grupo Bourbon, dando ênfase para o Bourbon Amarelo, capaz de atingir elevadas pontuações, principalmente em ambientes de clima frio e altitude elevada (Figueiredo *et al.*, 2013). Todavia, essas cultivares, apesar de serem reconhecidas pela qualidade de bebida, não apresentam características desejáveis de resistência a doenças e produtividade.

Novas cultivares de café, resistentes a ferrugem e com alto potencial produtivo, vem se destacando na produção de cafés especiais, como as cultivares Arara e Catiguá MG2 que apresentam ótimas pontuações na escala de qualidade SCA, podendo atingir pontuações acima de 85, apresentando também, maior diversidade de nuances de aroma e sabor no momento da análise sensorial (Reichel *et al.*, 2023).

A cultivar MSG Paraíso 2 é outro material genético de destaque, apresentando qualidade em diferentes locais. Além de ser resistente a ferrugem, a cultivar apresenta características de bebida desejáveis ao consumidor, que lhe atribui a produção de cafés diferenciados, como aroma doce, sabor de frutas vermelhas, acidez agradável, corpo aveludado e com grande doçura (Malta *et al.*, 2014), sendo um grande potencial para produção de cafés com mais de 90 pontos (Malta *et al.*, 2021).

Os resultados de elevadas pontuações de bebida de cultivares obtidas a partir de cruzamentos com Híbridos de Timor, como Pau Brasil MG1 e Catiguá MG2, demonstra que

além de ser um germoplasma eficiente no intuito de doar genes de resistência a ferrugem, também são excelentes doadores de genes que conferem qualidade (Sobreira *et al.*, 2015).

Apesar de algumas cultivares serem reconhecidas pela qualidade, os diferentes anos de produção podem refletir em diferentes pontuações, sendo sempre necessário avaliar a média dos anos (Fassio *et al.*, 2019). Em diferentes ambientes, as pontuações de qualidade podem variar, por exemplo, a cultivar MGS Catiguá 3 obteve 85 pontos em Patrocínio, sendo superior ao padrão de qualidade Bourbon, que obteve 81,7 pontos. Porém, nos municípios de Turmalina e Lavras, a MGS Catiguá 3 obteve 74 e 78 pontos, respectivamente, com cafés considerados especiais apenas em Patrocínio (Carvalho *et al.*, 2016).

Com isso, se faz necessária a execução de estudos que indiquem a melhor adaptação de novas cultivares na região do Sul de Minas, a fim de avaliar seu comportamento produtivo, e características que possam ser desejáveis aos cafeicultores. como a produção de cafés de qualidade.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, F. D.; LINDNER, M. Agronegócio do café no Sul de Minas Gerais: territorialização, mundialização e contradições. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 14, n. 2, p. 433-451, 2020.
- ALVES, H. M. R. *et al.* Caracterização e distribuição espacial dos ambientes cafeeiros de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. **Anais [...]**. Santos, 2019.
- BARBOSA, I. P. *et al.* Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 4, p. 428-435, 2019.
- BARBOSA, I. P. *et al.* Recommendation of *Coffea arabica* genotypes by factor analysis. **Euphytica**, v. 215, n. 10, p. 1-10, 2019.
- BEKSISA, L. *et al.* Genotype × environment interaction and yield stability of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) genotypes. **African Journal of Agricultural Research**. v. 13, n. 4, p. 210-219, 2018.
- BEKSISA, L. *et al.* GGE Biplot Analysis of Genotype x Environment Interaction and Bean Yield Stability of Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.) Genotypes in Southwestern Ethiopia. **American Journal of BioScience**. v. 9, n. 3, p. 110-115, 2021.
- BOAVENTURA, P. S. M. *et al.* Cocriação de valor na cadeia do café especial: O movimento da terceira onda do café. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 58, n. 3, p. 254–266, 2018.
- BORÉM, F. M. **Tecnologia Pós-Colheita e Qualidade de Cafés**. Lavras: UFLA. 2023. 407 p.
- BORÉM, F. M. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 8, p. 709-717, 2016.
- BOTELHO, C E. *et al.* MGS Aranãs: the new Arabica coffee cultivar developed by Epamig with wide adaptation. **Coffee Science**, v. 16, p. 1-4, 2022.
- BOTELHO, C E. *et al.* Recomendação de cultivares de café para a região do cerrado. In: CARVALHO, G. R. *et al.* **Cafeicultura do Cerrado**. Belo Horizonte, MG: Epamig, 2021. Cap. 2. p. 37-65.
- BOTELHO, C. E. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1404-1411, 2010.
- BOTELHO, C. E. *et al.* **Recomendação de cultivares de café Arábica para a Região do Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2023.

BREGAGNOLI, M.; MONTEIRO, A. V. C. **Café nas montanhas**: Caracterização da cafeicultura na área de atuação da cooperativa regional de cafeicultores em Guaxupé. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2017. 172 p.

BSCA. Brazil Specialty Coffee Association. **Origens de Café no Brasil**. Disponível em: <https://brazilcoffeenation.com.br/region/list>. Acesso em: 13 out. 2023.

CARGNIN, A *et al.* Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 987-993, 2006.

CARVALHO, A. M. *et al.* Desempenho agrônômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p.481-487, 2012.

CARVALHO, A. M. *et al.* Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in different environments. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 38, p. 3607-3614, 2016.

CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa, 2008. 334 p.

CARVALHO, C. H. S. *et al.* **Catálogo de Cultivares de Café Arabica**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2022. V. 1. 175 p.

CARVALHO, G. R. *et al.* **Cafeicultura do Cerrado**. Belo Horizonte: Epamig, 2021. 564 p.

CECAFE. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **Relatório Mensal de Exportações**. Dezembro de 2024. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>. Acesso em: 06 fev. 2025.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café**. Brasília: CONAB, set. 2024. V. 11. N. 3.

DIAS, F. P. *et al.* Caracterização de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: III-Divergência genética. **Revista Ceres**, v. 52, n. 299, p. 101-114, 2005.

FASSIO, L. de O. *et al.* Sensory profile of arabica coffee accesses of the germplasm collection of Minas Gerais – Brazil. **Coffee Science**, v. 14, n. 3, p. 382-393, 2019.

FIGUEIREDO, L. P. *et al.* The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 10, p. 87–98, 2013.

GONÇALVES, L. A. S.; ALMEIDA, B. A.; BASTOS, E. M. S. Panorama das Indicações Geográficas No Brasil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 41, p. 130-144, dez. 2018.

GUERREIRO FILHO, O. G. *et al.* IAC Herculândia – a *Coffea canephora* rootstock multiresistant to Meloidogyne species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 23, n. 3, p. 1-6, 2023.

KANG, M. S. **Quantitative genetics, genomics and plant breeding**. Kansas, USA: Department of Plant Pathology Kansas State University Manhattan, 2020. p. 411.

KRUG, C. A.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro. **Revista da Super, dos Serviços do Café de São Paulo**, v. 20, p. 863-872, 1945.

LANI, J. A. *et al.* Potencial de mecanização das lavouras cafeeiras no estado do Espírito Santo. *In: SILVA, C. A. P. et al (Org.). 29 Semana agrônômica do CCAE-UFES: plantando hoje as riquezas do futuro.* 2. ed. Alegre: Caufes, 2018. p. 20-41.

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

MALTA, M. R. *et al.* Discrimination of genotypes coffee by chemical composition of the beans: Potential markers in natural coffees. **Food Research International**, v. 134, p. 1-15. 2020.

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.

MALTA, M. R. *et al.* Selection of Elite Genotypes of *Coffea arabica* L. to Produce Specialty Coffees. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 715385, 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **CultivarWeb**. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php). Acesso em: 06 jan. 2025.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de Café no Brasil: Manual de Recomendações**. 1. ed. São Paulo, 2020. 716 p.

MORAIS, M. F.; MELLO, E. M. R. O *Terroir* e o café especial da Indicação Geográfica do Sul de Minas Gerais. **CES REVISTA**, v. 33, n. 1, p. 1-28, 2019.

OLIVEIRA, A. C. B. *et al.* **Cultivares de café resistentes à ferrugem: alternativa viável para a cafeicultura das Matas de Minas**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2021. V. 1, 46 p.

PEIXOTO, J. N. C. *et al.* Cafeicultura familiar e as boas práticas agrícolas em Bom Sucesso – MG. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 365-373, 2017.

PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Agrometeorological parameters for prediction of the maturation period of Arabica coffee cultivars. **International Journal of Biometeorology**. v. 56, p. 843-851, 2012.

PINTO, M. F. *et al.* Eficiência na seleção de progênies de cafeeiro avaliadas em Minas Gerais. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p.1-7, 2012.

RAMALHO, M. P. *et al.* **Aplicações da Genética Quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras, MG: UFLA, 2024. 456 p.

REBOITA, M. S. *et al.* Aspectos climáticos do estado de minas gerais (climate aspects in minas gerais state). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015.

REICHEL, T. *et al.* Potential of rust-resistant arabica coffee cultivars for specialty coffee production. **Bioscience Journal**, v. 39, p. 1-10, 2023.

REIS, N. D. *et al.* Percepção dos consumidores da Cafeteria Escola Cafesal-UFLA: uma análise sensorial de diferentes tipos de torra de café especial. **Revista Expectativa**, v. 20, n. 1, p. 17-33, 2021.

RIBEIRO, D. E. *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, jul. 2016.

SAKATA, W. M. An overview of genotype x environment interaction and yield stability analysis in applied plant breeding: great emphasis given to coffee (*Coffea arabica* L.). **J. Agril. Res. Innov.** v.11, n. 2, p.117-123, 2021.

SALGADO, S. M. L. *et al.* MGS Guaiçara and MGS Vereda: *Coffea arabica* cultivars resistant to the root-knot nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 22, p. 1-4, 2022.

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

SERA, G. H. *et al.* Coffee leaf rust in Brazil: Historical events, current situation, and control measures. **Agronomy**, v. 12, n. 2, 496 p., 2022.

SERA, G. H. *et al.* IPR 106: new Arabica coffee cultivar, resistant to some *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* nematode populations of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. 1-6, 2020.

SILVA, V.A. *et al.* Strategy for Selection of Drought-Tolerant Arabica Coffee Genotypes in Brazil. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 2167, 2022.

SILVEIRA, A. S. *et al.* Sensory analysis of specialty coffee from different environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. **Ceres**, v. 63, n. 4, p. 436-443, 2016.

SOBREIRA, F. M. *et al.* Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica*) genealogic groups using the sensogram and content analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 486-493, 2015.

TOLEDO, E. F. Cafeicultura e desenvolvimento territorial: as cooperativas de café no sul de Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 2, p. 264-280, 2019.

VEIGA, A. D. *et al.* Agronomic performance and adaptability of arabic coffee resistant to leaf rust in the central brasilian savanna. **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p. 41-52, 2018.

VILAS BOAS, L .G. A disseminação da cafeicultura no sul de Minas Gerais e no município de Nepomuceno-MG entre as décadas de 1950 e 1990. **Geografia**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 1-25, 2021.

YAN, W.; KANG, M. S. **GGE Biplot analysis**: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. 1. ed. Florida: CRC Press, 2003.

ZAMBOLIM, L.; CAIXETA, E. T. An overview of physiological specialization of coffee leaf rust - new designation of pathotypes. **International Journal of Current Research**, v. 13, p. 15479-15490, 2021.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGO**

## **ARTIGO 1 ANÁLISE GGE BILOT COMO TECNOLOGIA PARA RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFÉ ARABICA NO SUL DE MINAS GERAIS**

### **RESUMO**

A evolução do melhoramento genético do cafeeiro favoreceu o lançamento de diversas cultivares de café com características desejáveis de resistência às principais doenças e pragas da cultura, qualidade de bebida e produtividade elevada. Todavia, o desempenho e adaptabilidade de novas cultivares nas diferentes regiões produtoras devem ser avaliados, em busca de resultados promissores, permitindo uma indicação mais assertiva das novas cultivares em diferentes ambientes. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de novas cultivares de café arábica na região do Sul de Minas Gerais (em diferentes ambientes) por meio de análises GGE Biplot. Para tanto, as avaliações foram feitas em lavouras implantadas em janeiro de 2021, em seis municípios do Sul de Minas, sendo eles: Três Pontas, Machado, Itamogi, Campestre, Paraguaçu e São Sebastião do Paraíso, com cultivares das principais instituições de pesquisa do Brasil. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) com 30 tratamentos (cultivares) e quatro repetições em cada ambiente de cultivo. Foram avaliados: produtividade, porcentagem de grãos de peneira alta, porcentagem de grãos moca, densidade e qualidade e, sensorial da bebida do café. Os dados coletados passaram por análise conjunta utilizando o Software R, submetendo a análise de variância, e quando detectadas diferenças significativas pelo teste  $f$  ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Scott-Knott para o agrupamento das médias. Também foi utilizada a análise GGE Biplot para estudar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares nos ambientes. Os resultados obtidos por meio das análises permitiram inferir que a metodologia GGE Biplot foi eficiente em distinguir as cultivares com maior potencial produtivo, possibilitando a melhor indicação dessas cultivares para cada ambiente de estudo, formando mega ambientes com características similares que permitem uma recomendação em conjunto. A cultivar mais produtiva na média geral foi a IPR 100 com média  $38,85 \text{ sc ha}^{-1}$ , seguida das cultivares IAC Obatã 4739, Arara e Catucaí 2SL produzindo  $33,90$ ,  $33,44$  e  $33,30 \text{ sc ha}^{-1}$  respectivamente. Foram formados dois mega ambientes para a característica de produtividade, um composto por Campestre, indicando as cultivares mais adaptáveis: IAC Obatã 4739 e Arara, e o segundo mega ambiente, formado pelos outros municípios, com a cultivar IPR 100 sendo a mais recomendada. Para qualidade, as análises Biplot indicaram a cultivar MGS Paraíso 2 como sendo o ideotipo, com maior qualidade sensorial e melhor estabilidade entre todos os ambientes de cultivo, atingindo média de 85 pontos, as cultivares Beija-flor e Catuaí Vermelho IAC 144 também obtiveram boa indicação de adaptabilidade quanto a qualidade para outros dois mega ambientes, porém, apresentaram baixa estabilidade dos resultados. Essas análises identificaram que Itamogi, Paraguaçu e Campestre foram os locais onde as cultivares expressaram seu maior potencial produtivo, e de qualidade, sendo que os resultados de produtividade em Paraguaçu são mais facilmente representativos para os outros locais e para a qualidade, e os resultados de Campestre são mais representativos.

Palavras-chave: produtividade; qualidade sensorial; melhoramento genético.

## ABSTRACT

The evolution of genetic improvement in coffee has led to the release of several coffee cultivars with desirable characteristics, such as resistance to the main diseases and pests of the crop, high beverage quality, and high productivity. However, the performance and adaptability of new cultivars in different producing regions must be evaluated in search of promising results, allowing for a more accurate recommendation of new cultivars for various regions. The objective of this study was to evaluate the performance of new arabica coffee cultivars in the South of Minas Gerais region using GGE Biplot analysis. For this, the evaluations were carried out in farms planted in January 2021, in six municipalities in the South of Minas, namely: Três Pontas, Machado, Itamogi, Campestre, Paraguaçu, and São Sebastião do Paraíso, with cultivars from the main research institutions in Brazil. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with 30 treatments (cultivars) and four replications in each growing environment. The following were evaluated: productivity, percentage of high-grade beans, percentage of peaberry beans, density, and coffee beverage quality and sensory characteristics. The collected data underwent joint analysis using the R Software, performing an analysis of variance, and when significant differences were detected by the F-test ( $p < 0.05$ ), the Scott-Knott test was applied to group the means. GGE Biplot analysis was also used to study the adaptability and stability of the cultivars in the environments. The results obtained from the analyses indicate that the GGE Biplot methodology was effective in distinguishing cultivars with higher productive potential, enabling better recommendations of these cultivars for each study environment, forming mega-environments with similar characteristics that allow joint recommendations. The most productive cultivar on average was IPR 100, with an average of  $38.85 \text{ sc ha}^{-1}$ , followed by the cultivars IAC Obatã 4739, Arara, and Catucaí 2SL, producing  $33.90$ ,  $33.44$ , and  $33.30 \text{ sc ha}^{-1}$ , respectively. Two mega-environments were formed for the productivity trait, one composed of Campestre, indicating the most adaptable cultivars: IAC Obatã 4739 and Arara, and the second mega-environment, formed by the other municipalities, with the cultivar IPR 100 being the most recommended. For quality, the Biplot analyses indicated the cultivar MGS Paraíso 2 as the ideotype, with the highest sensory quality and the best stability across all growing environments, reaching an average of 85 points. The cultivars Beija-flor and Catucaí Vermelho IAC 144 also showed good adaptability for quality in two other mega-environments but demonstrated low stability of results. These analyses identified that Itamogi, Paraguaçu, and Campestre were the locations where the cultivars expressed their highest productive potential and quality, with the productivity results in Paraguaçu being more easily representative of the other locations, and for quality, the results from Campestre being more representative.

**Keywords:** productivity. sensory quality. genetic improvement.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola é de extrema importância social e econômica para o Brasil, representando aproximadamente 22% do PIB nacional (CONAB, 2024). O país tem grande relevância na produção cafeeira mundial, sendo o maior produtor e exportador, responsável por 31% de todo café produzido no mundo em 2024, tendo exportado 46,4 milhões de sacas (CONAB, 2024; CECAFE, 2024). Minas Gerais é o estado com maior tradição cafeeira, responsável por 51,21% da produção nacional (CONAB, 2024). As lavouras concentram-se principalmente na região do Sul do estado (CONAB, 2024), região ampla e com diferentes condições edafoclimáticas, ideal para a instalação e crescimento do setor cafeeiro (Vilas Boas, 2021).

Essa relevância produtiva no agronegócio só é possível diante da boa adaptação de cultivares de café aos solos e clima brasileiros e aos programas de melhoramento genético que propiciam o lançamento de cultivares. Essas cultivares contam com importantes características de interesse para os cafeicultores, como alto potencial produtivo, resistência a pragas e doenças, adaptabilidade a regiões e sistemas de produção, qualidade de bebida, tamanho de grãos, dentre vários outros atributos (Carvalho, 2022). Atualmente existem 125 cultivares de café arábica registradas no RNC (Registro Nacional de Cultivares) por diversas instituições de pesquisa, como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Fundação Procafé, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) (MAPA, 2025).

Todavia, apenas cerca de 40 das 125 cultivares registradas são amplamente utilizadas pelos cafeicultores (Carvalho, 2022). A maioria das cultivares registradas possuem genes de resistência à ferrugem do cafeeiro, principal doença da cultura, porém, a área plantada com cultivares resistentes é bem menor quando comparada às suscetíveis. Isto ocorre devido a diversos fatores, como a boa adaptabilidade e produtividade de cultivares tradicionais como as do grupo Mundo Novo e grupo Catuaí e a eficiência de controle de fungicidas presentes no mercado. Entretanto, a utilização de cultivares resistentes possibilita a redução na utilização de agroquímicos, diminuindo o custo de produção e aumentando a sustentabilidade do sistema de produção, o que demanda ações de difusão de informações para os produtores (Carvalho, 2022; Oliveira *et al.*, 2021; Sera *et al.*, 2022).

O desempenho produtivo das cultivares de café não depende apenas do seu potencial genético, mas também das condições ambientais onde são implantadas as lavouras; esses dois fatores, bem como as interações genótipos x ambientes (GxA), são responsáveis por fornecer o

fenótipo da planta. A interação GxA possibilita que materiais genéticos apresentem resultados distintos dos esperados, em função do local onde foram implantados, sendo assim, a expressão fenotípica apresentada pode não coincidir com o potencial genético da cultivar (Kang, 2020).

As relações entre genótipos x ambientes dificultam a recomendação generalizada de um material genético para diferentes regiões (Pinto *et al.*, 2012). Sendo assim, análises de adaptabilidade e estabilidade devem ser feitas com intuito de auxiliar os pesquisadores no entendimento da resposta de cultivares a diferentes ambientes de cultivo, facilitando uma melhor recomendação (Ramalho *et al.*, 2024; Melo *et al.*, 2020). A análise GGE Biplot pode ser uma tecnologia promissora com foco em seleção e recomendação de cultivares, considerando efeitos do genótipo, ambiente e GxA (Sakata *et al.*, 2021). O método GGE Biplot gera gráficos que demonstram quais materiais sobressaem em determinados locais ou regiões, delimitando mega ambientes e determinando a porcentagem de participação da interação GxA na resposta final de cultivares, facilitando a visualização e seleção pelo melhorista (Yan; Kang, 2003; Ramalho *et al.*, 2024).

Compreendendo a complexidade das interações genéticas e ambientais, e seus impactos no cultivo do café, tanto no crescimento, quanto em produtividade e qualidade, saber interpretá-las é crucial para identificar cultivares mais estáveis que possam apresentar bons resultados em diferentes ambientes, em produtividade, qualidade física e sensorial dos grãos (Sakata *et al.*, 2021). Objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho de 30 cultivares de café arábica em seis ambientes de cultivo do Sul de Minas Gerais em relação ao potencial produtivo e de qualidade dos grãos. Adicionalmente foi testada a análise GGE Biplot como ferramenta na recomendação dessas cultivares.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição dos experimentos**

Os experimentos foram conduzidos em seis municípios na região Sul do estado de Minas Gerais, sendo eles: Três Pontas, Machado e São Sebastião do Paraíso (nos campos experimentais da EPAMIG) e em fazendas particulares em Campestre (Fazenda da Pedra), Paraguaçu (Fazenda Oriente) e Itamogi (Fazenda da Grama). Os experimentos foram implantados em janeiro/fevereiro de 2021, todos no sistema de cultivo sequeiro. As altitudes, os espaçamentos e, conseqüentemente, os estandes são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Espaçamento, estande e altitude nos seis ambientes de estudo: Campestre, Machado, Paraguaçu, Três Pontas, São Sebastião do Paraíso e Itamogi.

<b>Município</b>	<b>Espaçamento (m)</b>	<b>Estande (plantas/ha)</b>	<b>Altitude (m)</b>
Campestre	3,5 x 0,6	4761	1073
Machado	2,8 x 0,55	6493	880
Paraguaçu	3,0 x 0,6	5555	825
Três Pontas	3,5 x 0,6	4761	905
São Sebastião do Paraíso	3,5 x 0,6	4761	1100
Itamogi	3,4 x 0,6	4902	1006

Fonte: Do autor (2025).

Foram avaliadas 30 cultivares de café arábica, desenvolvidas por programas de melhoramento genético do cafeeiro das principais instituições de pesquisa em café do Brasil, que estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Cultivares de café, instituições de pesquisa criadoras e código relacionado ao experimento.

Código	Cultivares	Instituições de Pesquisa
1	IAC Catuaí SH3	IAC <sup>1</sup>
2	IAC Obatã 4739	IAC
3	IAC 125 RN	IAC
4	IPR 100	IDR – Paraná <sup>2</sup>
5	IPR 107	IDR – Paraná
6	IPR 102	IDR – Paraná
7	IPR 103	IDR – Paraná
8	IPR 105	IDR – Paraná
9	Acauã Novo	PROCAFÉ <sup>3</sup>
10	Arara	PROCAFÉ
11	Asa Branca	PROCAFÉ
12	Azulão	PROCAFÉ
13	Beija Flor	PROCAFÉ
14	Catuaí Amarelo 24/137	PROCAFÉ
15	Catuaí Amarelo 2SL	PROCAFÉ
16	Guará	PROCAFÉ
17	Japy	PROCAFÉ
18	Rouxinol	PROCAFÉ
19	Graúna	PROCAFÉ
20	Catiguá MG2	EPAMIG <sup>4</sup>
21	Paraíso MG H419-1	EPAMIG
22	MGS Catuaí Pioneira	EPAMIG
23	MGS Aranãs	EPAMIG
24	MGS Paraíso 2	EPAMIG
25	MGS Ametista	EPAMIG
26	Pau Brasil MG1	EPAMIG
27	Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	EPAMIG
28	MGS EPAMIG 1194	EPAMIG
29	Catuaí Amarelo IAC 62	IAC
30	Catuaí Vermelho IAC 144	IAC

<sup>1</sup> Instituto Agronômico de Campinas; <sup>2</sup> Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, <sup>3</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Fonte: Adaptada, EPAMIG, IAC, Fundação Procafé, IDR-Paraná (2025).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 120 parcelas experimentais, em cada experimento. Cada parcela foi composta por uma linha de dez plantas, sendo a área útil as oito plantas centrais.

## 2.2 Variáveis analisadas

- a. **Produtividade:** Realizada por meio da colheita plena em todas as plantas úteis das parcelas e contabilizada a quantidade de café colhido em quilogramas. Posteriormente, foi recolhida uma amostra representativa de quatro litros do café colhido e pesado, que foi secado em terreiro até atingir em torno de 11% de teor de água. Após a secagem, as amostras foram beneficiadas e pesadas com intuito de obter os dados de rendimento em quilos de café colhido para uma saca de 60 kg. De posse desses dados foi calculada a produtividade em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare. Esta variável foi analisada por duas safras (2023 e 2024), sendo utilizada a média do biênio para as análises estatísticas. As variáveis a seguir foram avaliadas somente no ano de 2024.
- b. **Avaliação granulométrica (tamanho e formato dos grãos):** foram adotadas amostras de 300 gramas de grão cru beneficiado, sem a presença de defeitos extrínsecos e grãos quebrados. Cada amostra foi passada por um conjunto de peneiras de crivos circulares (19/64 a 12/64 para grãos chatos) e crivos oblongos (13/64 a 08/64 para grãos moca), de acordo com a Instrução Normativa nº 8 do MAPA (BRASIL, 2003). Foram somados os pesos dos grãos retidos nas peneiras 16, 17, 18 e 19 para grãos tipo chato (peneira alta) e nas peneiras 13, 12, 11, 10, 09 e 08 para grãos moca. Posteriormente, os dados foram convertidos para porcentagem.
- c. **Densidade:** Para avaliação da densidade dos grãos crus de café foram coletadas das amostras beneficiadas, subamostras com grãos inteiros sem defeitos. Utilizou-se uma proveta de 125ml para padronização do volume, que foi completada até a margem com grãos de café. O volume foi pesado e os valores coletados convertidos para  $\text{kg m}^{-3}$ .
- d. **Qualidade sensorial:** Para a realização das análises sensoriais foram colhidos oito litros de frutos maduros de cada parcela, que foram separados em água com a remoção dos frutos de menor densidade (chochos e mal granados) e impurezas vindas da lavoura. As amostras foram dispostas para secagem em peneiras, em camada fina nos primeiros dias (14 litros/m<sup>2</sup>) e, posteriormente, utilizando o sistema de dobras de camada para propiciar uma secagem lenta e uniforme, até atingirem de 10,8 a 11,2% de teor de água. Depois de secas, as amostras foram armazenadas por 40 dias para a uniformização do teor de água nos grãos. Após essa etapa, as amostras foram beneficiadas e padronizadas em peneira 16 e acima, ausentes de defeitos intrínsecos e extrínsecos, e direcionadas para a torração de acordo com o protocolo proposto pela *Specialty Coffee Association – SCA* (Lingle, 2011).

A análise sensorial foi realizada em cinco xícaras por amostra, por três juízes *Q-Graders*, segundo o mesmo protocolo, contendo dez atributos sensoriais, sendo eles: acidez, balanço, corpo, doçura, finalização, fragrância/aroma, sabor, uniformidade, xícara limpa e geral. A nota sensorial total foi calculada somando os dez atributos sensoriais citados, sendo considerados cafés especiais aqueles com pontuação total igual ou superior a 80 pontos.

### 2.3 Análises estatísticas

Foi realizada a análise individual para cada ambiente conforme modelo estatístico abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

em que:

$Y_{ij}$ : observação obtida na parcela com *i*-ésima cultivar no *j*-ésimo bloco;

$\mu$ : média geral;

$C_i$ : efeito fixo da *i*-ésima cultivar;

$B_j$ : efeito fixo do *j*-ésimo bloco;

$\varepsilon_{ij}$ : efeito aleatório do erro associado à observação *ij*.

Após constatada a homogeneidade das variâncias obtidas nas análises individuais pelo teste de Harttley foi realizada a análise conjunta considerando os seis ambientes, conforme modelo estatísticos abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + A_j + CA_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

em que:

$Y_{ijk}$ : observação do *k*-ésimo bloco, avaliado na *i*-ésima cultivar e *j*-ésimo ambiente;

$\mu$ : média geral;

$C_i$ : efeito fixo da *i*-ésima cultivar;

$A_j$ : efeito fixo do *j*-ésimo ambiente;

$CA_{ij}$ : efeito fixo da interação entre a cultivar *i* e o ambiente *j*;

$B/A_{jk}$ : efeito fixo do *k*-ésimo bloco dentro do *j*-ésimo ambiente;

$\varepsilon_{ijk}$ : é o erro associado à observação *ijk*.

Adaptabilidade e estabilidade: foi avaliada por meio da análise GGE Biplot proposta por Yan e Kang (2003). Esta análise considera os efeitos dos genótipos e da interação G x A como os mais importantes. Dessa forma, não separa G da G x A, mantendo-os juntos em dois termos multiplicativos, que podem ser visualizados pelo modelo abaixo:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{i1} + g_{i2}e_{i2} + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

em que:

$Y_{ij}$ : rendimento esperado do genótipo i no ambiente j;

$\mu$ : média geral das observações;  $\beta_j$ : efeito principal do ambiente j;

$g_{i1}$  e  $e_{i1}$ : escores principais do genótipo i e ambiente j, respectivamente;

$g_{i2}$  e  $e_{i2}$ : escores secundários para o genótipo i e ambiente j, respectivamente;

$\varepsilon_{ij}$ : resíduo não explicado por ambos os efeitos.

Quando detectadas diferenças significativas pelo teste f ( $p < 0,05$ ) nas análises de variância foi realizado o teste de Scott-Knott para o agrupamento das médias. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2022).

### 3 RESULTADOS

A Tabela 3 ilustra as análises de variância individuais de cada local. Os resultados indicam que houve diferença significativa para o efeito de cultivares em todos os ambientes referente aos caracteres produtividade, porcentagem de peneira alta, porcentagem de grãos moca, qualidade de bebida e densidade de grãos.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância apresentando as estimativas do quadrado médio dos efeitos para as características: Produtividade, Peneira Alta, Moca, Densidade e Qualidade em seis locais: Campestre, Itamogi, Machado, Paraguaçu, São Sebastião do Paraíso e Três Pontas.

Local	Efeitos	Caracteres				
		Produtividade	Peneira Alta	Moca	Densidade	Qualidade
Campestre	Bloco	178,02	160,50**	24,36	310,70**	0,408
	Cultivares	81,23**	942**	132,39**	370,20**	7,588**
	Erro	42,35	36,70	10,22	48,60	0,972
	Média	29,70	59,64	19,61	694,11	83,01
	CV	21,90	10,15	16,29	1	1,18
Itamogi	Bloco	35,84	63,20	10,84	8,40	0,058
	Cultivares	282,92**	1072,90**	101,05**	425,60**	9,209**
	Erro	42,61	28,50	16,59	45,90	0,949
	Média	38,64	61,24	18,52	695,71	83,18
	CV	16,89	8,71	21,99	0,97	1,17
Machado	Bloco	543,70**	48,20	18,44	172,70	0,2861
	Cultivares	124,10**	1088,10**	68,83**	544,80**	3,0973**
	Erro	49,60	80,70	6,84	95,20	0,7028
	Média	18,84	52,84	12,14	695,08	83,32
	CV	37,38	16,99	21,55	1,40	1
Paraguaçu	Bloco	543**	29,20	15,61	36,80	0,407
	Cultivares	201**	645,90**	72,90**	418,40**	7,979**
	Erro	30,80	54,30	9,79	51,10	0,72
	Média	26,80	43,94	19,41	693,38	82,97
	CV	20,68	16,76	16,11	1,03	1,02
São Sebastião do Paraíso	Bloco	90,76**	21,40	15,36	250,40**	0,008
	Cultivares	136,11**	922,70**	84,78**	637,10**	8,34**
	Erro	31,40	32	10,39	84,30	0,572
	Média	22,62	59,26	16,33	693,32	83,45
	CV	24,77	9,54	19,73	1,32	0,90
Três Pontas	Bloco	193,97**	54,40	13,64	6,10	0,933
	Cultivares	132,08**	753,70**	86,18**	477,60**	5,403**
	Erro	51,14	100,80	13,38	62,60	0,758
	Média	25,08	54,95	14,93	691,19	83,38
	CV	28,51	18,26	24,50	1,14	1,04

\*\* Significativo ao nível de 5% pelo teste f.

Fonte: Do autor (2025).

Os resultados indicaram a existência de cultivares com desempenho superior para produtividade média inicial, porcentagem de peneira alta, porcentagem de grãos moca, densidade de grãos crus e na qualidade final da bebida nos diferentes ambientes. Para produtividade, os valores de CV variaram de 16,89 a 37,38%, sendo o de Machado com maior valor e Itamogi o menor. Para as características de qualidade e densidade os coeficientes de variação foram mais estáveis, ficando próximos a 1%. Para as variáveis peneira alta e grãos

moca o CV variou de 8,71 a 18,26% e 16,11 a 24,50%, respectivamente. Em uma visão geral, o local Machado foi o que apresentou os maiores coeficientes de variação. As tabelas de médias por local se encontram no apêndice (Tabelas 6 a 11).

A fim de realizar uma análise mais abrangente de todos os ambientes para um melhor entendimento do desempenho das cultivares de café foi realizada a análise conjunta dos dados (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta dos seis ambientes, apresentando as estimativas do quadrado médio dos efeitos para as características: Produtividade ( $\text{sc ha}^{-1}$ ), Peneira alta (%PA), Moca (% Moca), Densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ ) e Qualidade.

Efeitos	Produtividade	Peneira Alta	Moca	Densidade	Qualidade
Locais	5575**	4920**	1036,40**	302,40**	3,524**
Bloco	267**	47	8,6	35	0,064
Cultivares	681**	4767**	466,3**	2273,90**	11,796**
Cultivares x Locais	91**	132**	16**	120**	5,964**
Erro	47	56	11,40	67	0,768
CV	25,43	13,50	20,05	1,18	1,05

\*\* Significativo ao nível de 5% pelo teste f.

Fonte: Do autor (2025).

Os resultados da Tabela 4 permitem inferir que houve diferença significativa para o efeito de Local, Cultivares e da interação entre Cultivares x Locais, referente às características produtividade, porcentagem de peneira alta, porcentagem de grãos moca, qualidade de bebida e densidade de grãos. Os resultados de CV obtidos variaram de 1,05 a 25,43%, indicando boa confiabilidade dos resultados obtidos. A significância encontrada no efeito Cultivares x Local demonstra o efeito da interação GxA. Esse resultado possibilita aplicação de testes para estudo da adaptabilidade e estabilidade

É apresentado na Tabela 5, o resultado do teste de agrupamento de médias obtidos na análise conjunta dos seis ambientes durante o primeiro biênio produtivo. Os resultados apresentados indicam que existem cultivares de café mais produtivas e com potencial de produção de grãos maiores, mais densos, menos moca e com boa qualidade de bebida. Essa análise é essencial para quantificar o potencial e o desempenho inicial de cada cultivar, sendo importante para uma tomada de decisão de qual cultivar ser recomendada em cada ambiente do Sul de Minas Gerais.

Tabela 5 – Médias de Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), porcentagem de peneira alta (%PA), porcentagem de grãos moca (%Moca), qualidade de bebida e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café arábica avaliadas em seis municípios do sul do estado de Minas Gerais. (continua...).

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
IPR 100	38,85 a	65,03 c	15,41 c	83,17 c	679,76 g
IAC Obatã 4739	33,90 b	63,10 c	13,15 b	82,81 c	693,55 d
Arara	33,44 b	63,99 c	15,63 c	83,50 b	702,67 b
Catucaí 2SL	33,30 b	66,05 c	18,02 d	82,72 c	692,71 d
IPR 102	30,64 c	57,41 d	15,99 c	82,92 c	678,51 g
IPR 105	30,32 c	72,41 b	13,13 b	82,64 c	682,56 f
Graúna	30,19 c	56,00 d	17,00 d	83,75 b	705,22 b
IPR 103	30,05 c	65,80 c	13,53 b	83,17 c	688,38 e
Rouxinol	29,57 c	53,11 d	18,36 d	84,11 b	705,27 b
Catiguá MG2	28,97 c	32,47 g	19,17 d	84,14 b	704,19 b
Acauã Novo	28,82 c	38,59 f	20,74 e	82,19 d	691,94 d
MGS Aranãs	28,71 c	64,14 c	13,47 b	84,14 b	673,40 h
MGS EPAMIG 1194	28,70 c	56,36 d	16,31 c	83,40 b	685,45 f
MGS Catucaí Pioneira	28,14 c	61,32 c	16,47 c	83,86 b	688,70 e
IAC 125 RN	27,31 c	68,04 c	13,23 b	81,78 d	700,73 c
IPR 107	25,90 d	76,81 a	9,95 a	83,94 b	691,63 d
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	25,88 d	53,98 d	17,83 d	82,08 d	699,26 c
Azulão	25,82 d	39,07 f	15,38 c	83,94 b	703,88 b
Catuaí Amarelo IAC 62	25,25 d	63,75 c	14,78 b	83,72 b	683,78 f
Guará	25,07 d	56,20 d	17,68 d	82,86 c	696,94 c
MGS Paraíso 2	25,06 d	63,18 c	13,99 b	85,22 a	693,97 d
Catucaí Amarelo 24/137	24,90 d	56,80 d	15,17 c	82,56 c	685,31 f
Catuaí SH3	24,89 d	69,14 b	9,82 a	83,67 b	693,82 d
MGS Ametista	24,86 d	55,07 d	14,41 b	82,58 c	687,05 e

Tabela 5 – Médias de Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), porcentagem de peneira alta (%PA), porcentagem de grãos moca (%Moca), qualidade de bebida e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café arábica avaliadas em seis municípios do sul do estado de Minas Gerais. (conclusão).

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Pau Brasil MG1	23,99 d	28,29 h	24,11 f	83,72 b	706,57 b
Asa Branca	22,92 d	34,12 g	31,32 g	81,75 d	706,11 b
Catuaí Vermelho 144	21,65 d	62,33 c	17,25 d	82,56 c	684,16 f
Paraíso MG H419-1	19,94 e	43,50 e	17,10 d	82,56 c	712,14 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

Fonte: Do autor (2025).

Para produtividade, as cultivares foram divididas em seis grupos, sendo o primeiro, de maior média, representado pela cultivar IPR 100, produzindo 38,85 sc ha<sup>-1</sup>. O segundo grupo foi formado pelas cultivares: IAC Obatã 4739, Arara e Catucaí 2SL, com produtividades médias de 33,90, 33,44 e 33,30 sc ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os demais grupos foram compostos por cultivares com médias abaixo de 31 sacas por hectare.

Na avaliação física de grãos, para a característica porcentagem de peneira alta (%PA) e porcentagem de grãos moca (%Moca), as cultivares foram divididas em oito e sete grupos, respectivamente. Observa-se que a relação entre %PA e %Moca é inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a quantidade de grãos chatos e grandes, menor a quantidade de grãos moca. A cultivar IPR 107 destacou-se a maior porcentagem de grãos de peneira alta (76,81%) e um baixo valor de grãos do tipo moca (9,95%).

Outras cultivares que obtiveram bons resultados granulométricos foram a IPR 105 e IAC Catuaí SH3, com respectivos valores de 72,41% e 69,14% de peneira alta e 13,13% e 9,82% de grãos moca. A cultivar que apresentou maiores percentuais de grãos do tipo moca foi a Asa Branca, com 31,32% e, conseqüentemente, apresentando baixo percentual de %PA, 34,12%.

Na avaliação de densidade dos grãos também houve diferença significativa entre as cultivares estudadas, que foram divididas em oito grupos, com os valores de densidade variando de 673,40 a 712,14 kg m<sup>-3</sup>. A cultivar Paraíso MG H419-1, se destacou, com média de 712,14 kg m<sup>-3</sup>, seguida pelas cultivares Arara, Graúna, Rouxinol, Catiguá MG2, Azulão, Asa Branca e Pau Brasil MG1, com valores de densidade variando de 702,67 a 706,57 kg m<sup>-3</sup>. As cultivares com menor valor densidade de grãos foram: MGS Aranãs (673,40 kg m<sup>-3</sup>) e IPR 102 (678,51 kg m<sup>-3</sup>).

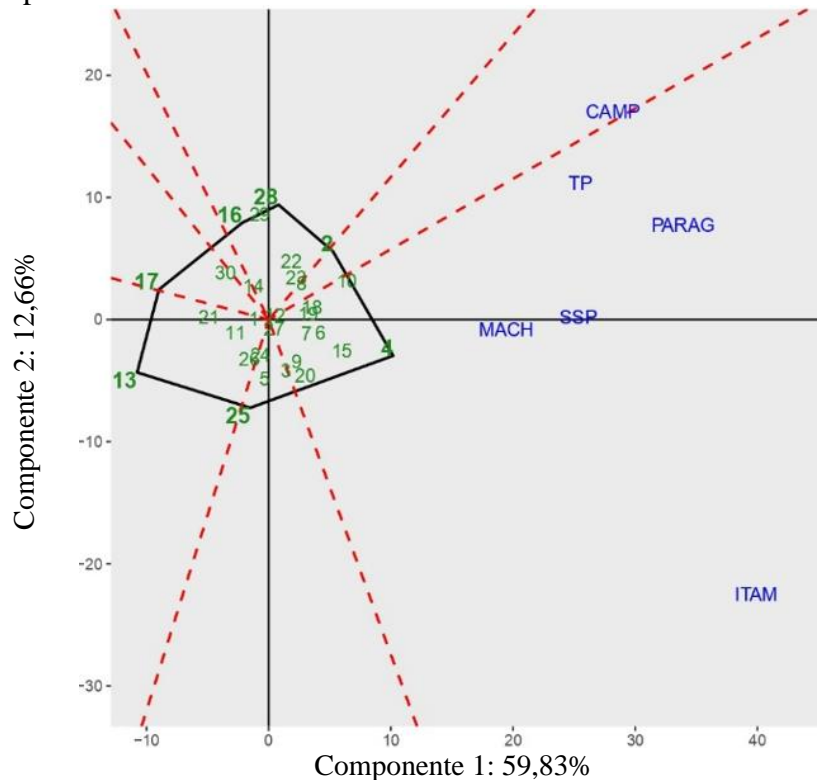
Quanto à qualidade sensorial de bebida, todas as cultivares produziram cafés especiais, com pontuação acima de 80 na escala SCA. Apesar de todas cultivares terem alcançado ótimos resultados de qualidade, foram divididas em quatro grupos. A cultivar MGS Paraíso 2 diferenciou-se das demais, alcançando 85,22 pontos na média dos seis ambientes avaliados, evidenciando a sua alta capacidade de produção de cafés especiais excelentes.

O segundo grupo apresentou pontuações entre 83,40 e 84,14, e foi constituído pelas cultivares Catiguá MG2, Beija Flor, Pau Brasil MG1, IAC Catuaí SH3, Catuaí Amarelo IAC 62, Azulão, IPR 107, MGS Catucaí Pioneira, MGS EPAMIG 1194, MGS Aranãs, Rouxinol, Graúna e Arara.

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade das cultivares utilizou-se a análise GGE Biplot para os dados de produtividade e qualidade. Os resultados de produtividade estão apresentados nos Gráficos de 1 a 4.

O Gráfico 1, gera os denominados mega ambientes, que são formados juntando locais que obtiveram respostas parecidas entre as cultivares. É possível observar que para variável produtividade os locais foram divididos em dois mega ambientes, o primeiro, composto pelos municípios de Machado, Itamogi, Três Pontas, Paraguaçu e São Sebastião do Paraíso e o segundo com o município de Campestre.

Gráfico 1 – GGE Biplot / “Which won Where”, de 30 cultivares de café arábica avaliados em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade.



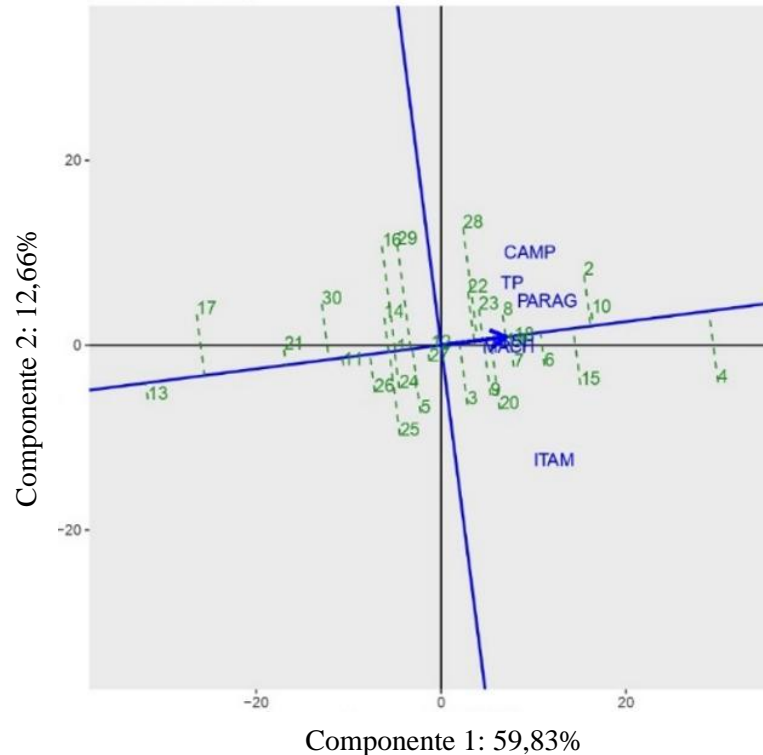
- 1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catucaí Amarelo 24/137; 15: Catucaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catucaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catucaí Amarelo IAC 62; 30: Catucaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2025).

Dentro dos mega ambientes existem cultivares que obtiveram melhores desempenhos produtivos, isso pode ser observado com base nos vértices do polígono. As cultivares situadas nos vértices e mais distantes do centro do eixo, delimitado por cada mega ambiente são as mais adaptáveis. No mega ambiente 1, as cultivares IPR 100, Arara e Catucaí 2SL, representadas pelos números 4, 10 e 15, foram as mais indicadas, apresentando melhor adaptabilidade, enquanto no ambiente 2, as cultivares Arara e IAC Obatã 4739 foram as mais adaptáveis, indicadas pela sua posição no vértice do polígono. A somatória dos dois componentes principais explicou 72,49% da variação observada para os dados de produtividade. Para uma maior confiabilidade da análise GGE Biplot, os dois primeiros componentes principais devem capturar mais de 60% da variação total (Yang *et al.*, 2009).

No Gráfico 2, pode-se observar um eixo em azul denominado eixo do ambiente média (EAM), com uma seta indicando a direção onde se encontram os melhores genótipos. As cultivares a esquerda do eixo vertical são as menos produtivas, enquanto as mais distantes a direita são as mais produtivas. A distância indicada pela linha pontilhada do genótipo ao eixo indica a instabilidade do material, quanto mais perto a cultivar está do eixo, mais estável ela é.

Gráfico 2 – GGE Biplot/ Média produtiva e estabilidade de 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade.

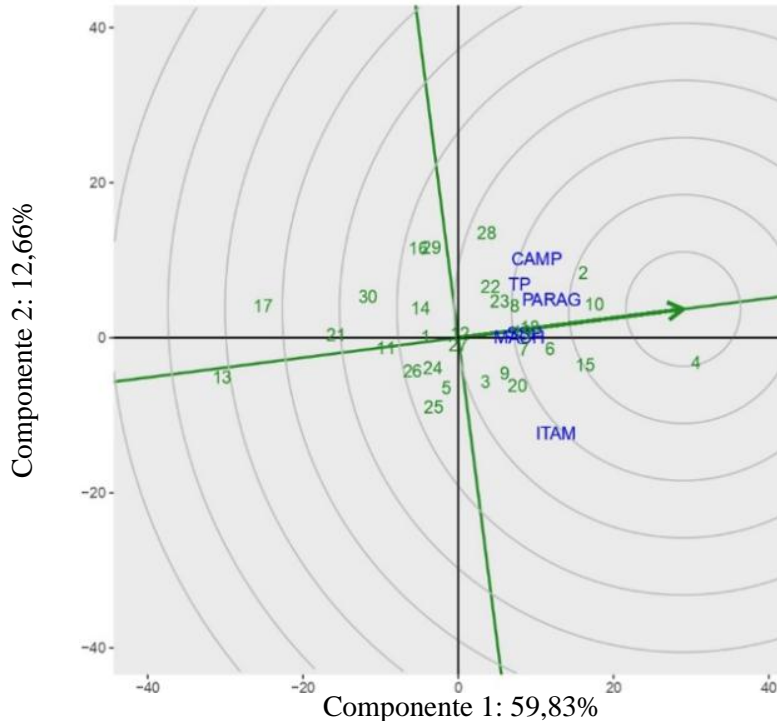


1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catucaí Amarelo 24/137; 15: Catucaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catucaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catuaí Amarelo IAC 62; 30: Catuaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2025).

O Gráfico 3 se compara ao Gráfico 2, todavia, os círculos concêntricos nos auxiliam a identificar os melhores genótipos, sendo aqueles mais próximos ao centro desses círculos, os melhores, uma vez que o círculo menor é considerado o ideótipo. Sendo assim, os gráficos informam que as cultivares 4 (IPR 100), 10 (Arara), 2 (IAC Obatã 4739) e 15 (Catucaí 2SL) são as mais produtivas, sendo que dessas, a cultivar 10 é a mais estável, estando mais próximo ao eixo. As cultivares 13 (Beija-flor) e 21 (Paraíso MG H419-1) apesar de estáveis, apresentam resultados médios inferiores à média geral, não sendo bem recomendados.

Gráfico 3 – GGE Biplot/ Ranqueamento dos melhores genótipos referentes a 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade (sc ha<sup>-1</sup>).

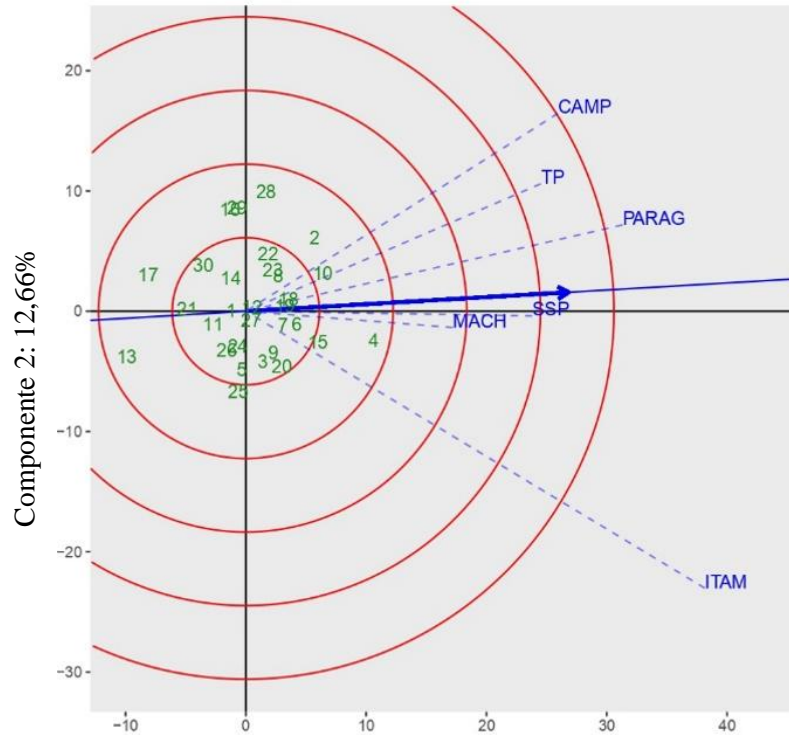


1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catuaí Amarelo 24/137; 15: Catuaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catuaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catuaí Amarelo IAC 62; 30: Catuaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2025).

No Gráfico 4 é demonstrada a capacidade dos ambientes em determinar quais as melhores cultivares, a capacidade do ambiente em favorecer o bom desempenho dos genótipos e o quão representativo esse ambiente é em relação aos outros.

Gráfico 4 – GGE Biplot/ Potencial de discriminação de cultivares e representatividade dos seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de produtividade (sc ha<sup>-1</sup>).



Componente 1: 59,83%

1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catucaí Amarelo 24/137; 15: Catucaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catucaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catucaí Amarelo IAC 62; 30: Catuaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2025).

Quanto mais distante o ambiente está do centro, maior é sua capacidade determinística, ou seja, é um ambiente que fornece condições favoráveis para que o genótipo se expresse da melhor forma. Logo, o ambiente Itamogi foi o que melhor propiciou o desempenho final das cultivares, seguido por Paraguaçu e Campestre. Todavia, a distância desse ambiente em relação ao eixo médio determina a possibilidade de repetibilidade dos resultados nos demais locais, quanto mais próximo ao eixo horizontal, maior a chance de o ambiente apresentar respostas semelhantes aos outros no posicionamento das cultivares.

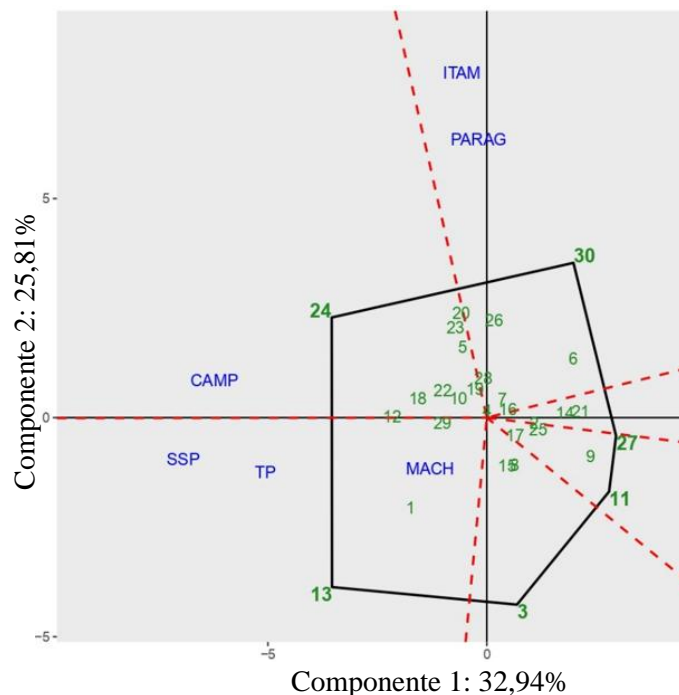
Apesar de ser um ambiente que favorece a melhor resposta das cultivares, Itamogi pode não ser uma base segura de informação para recomendação de cultivares nas demais localidades, visto a distância do eixo mostrada no gráfico. O local São Sebastião do Paraíso (SSP), foi o que se apresentou mais próximo ao eixo, logo, o ranqueamento das cultivares nesse ambiente pode ser mais facilmente repetível nos outros locais, todavia, não é um bom ambiente

para expressar a melhor resposta das cultivares. Sendo assim, dentre os locais que deram melhores condições para a máxima produtividade, e que têm maiores chances de repetibilidade, o ambiente de Paraguaçu seria o que obteve resultados mais seguros para recomendação.

Além do fator produtividade, também foram feitas análises GGE Biplot para a variável qualidade de bebida. Os resultados se encontram nos Gráficos 5 a 8.

O Gráfico 5 representa a formação de mega ambientes para a característica de qualidade com os melhores materiais para cada um deles.

Gráfico 5 – GGE Biplot/ “Which won Where”, de 30 cultivares de café arábica avaliados em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para a característica de qualidade sensorial de bebida.



1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catucaí Amarelo 24/137; 15: Catucaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catucaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catucaí Amarelo IAC 62; 30: Catuaí Vermelho IAC 144.

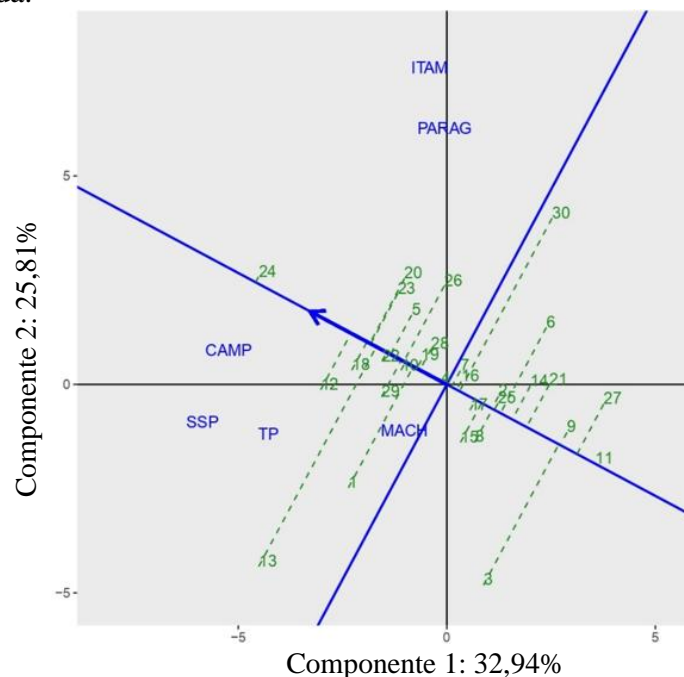
Fonte: Do autor (2025).

Os resultados indicam a formação de três mega ambientes, sendo um deles, formado pelos municípios de Itamogi e Paraguaçu, o segundo por Campestre e o terceiro por São Sebastião do Paraíso, Três Pontas e Machado. No mega ambiente 1, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi a que representou melhor adaptabilidade, com indicação de qualidade de bebida, enquanto no mega ambiente 2, essa indicação foi para a cultivar MGS Paraíso 2, sendo a mais

adaptável, e no mega ambiente 3 a cultivar que obteve melhores resultados de qualidade foi a Beija-flor. A somatória dos dois componentes principais explicou 58,75% da variação observada para os dados de qualidade.

O Gráfico 6 representa a média das cultivares versus a estabilidade e o Gráfico 7 apresenta o ranqueamento. Esses gráficos favorecem a verificação das melhores cultivares em um posicionamento mais geral.

Gráfico 6 – GGE Biplot/ Média e estabilidade de 30 cultivares de café arábica em seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para característica de qualidade sensorial de bebida.

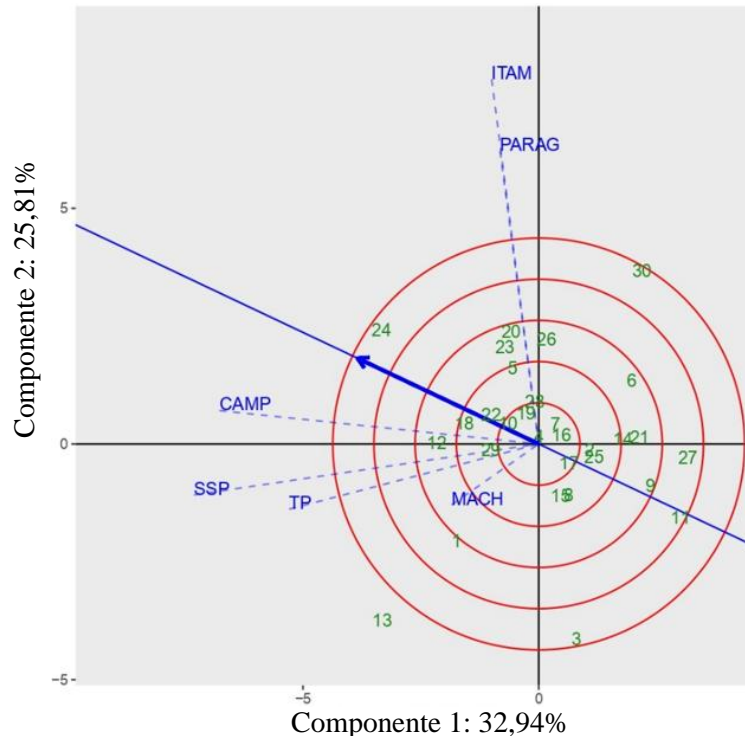


1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catucaí Amarelo 24/137; 15: Catucaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catucaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catucaí Amarelo IAC 62; 30: Catuaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2025).



Gráfico 8 – GGE Biplot/ Potencial de discriminação de cultivares e representatividade dos seis locais: Campestre (CAMP), Itamogi (ITAM), Paraguaçu (PARAG), São Sebastião do Paraíso (SSP) e Três Pontas (TP), para característica de qualidade sensorial de bebida.



1: IAC Catuaí SH3; 2: IAC Obatã 4739; 3: IAC 125 RN; 4: IPR 100; 5: IPR 107; 6: IPR 102; 7: IPR 103; 8: IPR 105; 9: Acauã Novo; 10: Arara; 11: Asa Branca; 12: Azulão; 13: Beija Flor; 14: Catucaí Amarelo 24/137; 15: Catucaí Amarelo 2SL; 16: Guará; 17: Japy; 18: Rouxinol; 19: Graúna; 20: Catiguá MG2; 21: Paraíso MG H419-1; 22: MGS Catucaí Pioneira; 23: MGS Aranãs; 24: MGS Paraíso 2; 25: MGS Ametista; 26: Pau Brasil MG1; 27: Catiguá Amarelo 6I P1 FBS; 28: MGS EPAMIG 1194; 29: Catucaí Amarelo IAC 62; 30: Catucaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2025).

Apesar de ser um bom ambiente para discriminar cultivares com bom potencial para produção de cafés especiais, Itamogi não tem um bom poder representativo dos demais ambientes. Campestre, por sua vez, além de ter um bom potencial discriminativo das cultivares, apresenta um bom potencial de representatividade, logo, os resultados encontrados nesse ambiente podem ser mais facilmente encontrados também nos outros locais. Por outro lado, Machado não foi um bom local para descrever as cultivares, nem as representar, não sendo um local seguro para embasamento de recomendações.

## 4 DISCUSSÃO

O processo de indicação de cultivares é complexo, com isso, são necessárias diversas análises e estudos para melhor compreensão da performance dos materiais genéticos. Esse trabalho apresenta análises de diversos caracteres que afetam a produção cafeeira e devem ser considerados para a melhor escolha da cultivar a ser implantada para alcançar os objetivos desejados. Além disso, o método analítico utilizado para estimar a adaptabilidade e estabilidade dos materiais (GGE Biplot) foi de grande relevância, gerando gráficos e informações concisas que auxiliaram na interpretação mais assertiva dos resultados.

Foram realizadas análises granulométricas, quantificando a porcentagem de grãos chatos em peneira alta e porcentagem de grãos moca (Brasil, 2003). Estes aspectos são de grande interesse do público consumidor, da indústria de torrefação e de grande influência na valorização dos lotes de café. Cultivares que apresentam maior uniformidade no formato e tamanho de grãos geram lotes de café mais padronizados, que facilita o processo de torrefação nas indústrias e mistura com outros lotes para a formação de blends (Toledo *et al.*, 2016).

Os resultados das análises granulométricas expostos na Tabela 5 sugerem que o percentual de grãos chatos é superior e inversamente proporcional ao percentual de grãos moca, como pode ser observado na cultivar IPR 107, com maior %PA e menor %Moca. Isso se dá, devido ao processo de formação da semente, quando um dos óvulos não é fecundado, fazendo com que apenas uma semente se desenvolva, ocupando o espaço destinado a duas sementes, ficando com formato ovalado, o denominado grão moca (Pimenta; Angélico; Chalfoun, 2018).

Sendo assim, altas porcentagens de grãos moca e pequenos interferem negativamente no rendimento, culminando em perdas de produtividade e gerando lotes desuniformes. Essa diferença no tamanho de grãos prejudica a torra e moagem, o que faz com que a indústria prefira lotes de grãos chatos e graúdos (Reichel *et al.*, 2023).

Associado a isso, lotes de cafés com maior densidade de grãos também estão relacionados à melhor qualidade de bebida, sendo considerada alta densidade acima de  $650 \text{ kg m}^{-3}$ . Estes grãos tendem a ter maior acúmulo de compostos que geram aroma e sabor, enquanto menores densidades geram grãos frágeis com maior quantidade de defeitos (Flores *et al.*, 2024). Como observado nesse trabalho, todas as cultivares obtiveram valores de densidade superiores a  $650 \text{ kg m}^{-3}$ , apresentando também boas qualidades sensoriais, corroborando esses resultados.

Para uma melhor análise de produtividade e qualidade de bebida das diferentes cultivares, foram feitas análises GGE Biplot que auxiliaram na interpretação dos resultados obtidos na Tabela 5. Os gráficos Biplot possibilitam uma visualização mais detalhada, que

facilita a recomendação de cultivares, podendo indicar materiais mais adaptáveis as diferentes regiões, sem que haja uma generalização. Essa interpretação de resultados que considera os fatores, genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes em conjunto é fundamental, pois nem sempre o fator genético é o que prevalece (Ramalho *et al.*, 2024).

O método GGE Biplot se baseia em análises multivariadas, agrupando os fatores aditivos e multiplicativos, submetendo à análise de componentes principais, que informa a eficiência do método em explicar a soma dos quadrados do genótipo e da interação GxA (Yan; Nilsen; Beattie, 2016). O valor gerado possibilita verificar se o método está produzindo informações confiáveis para a melhor seleção das cultivares baseada no seu desempenho. O indicado é que a somatória dos componentes principais deve capturar mais de 60% da variação dos resultados (Santos *et al.*, 2017).

A análise de componentes principais do presente estudo, demonstraram que os componentes 1 e 2 foram responsáveis por explicar 72,49% da variação de produtividade e 58,75% da qualidade, permitindo assim, boa confiabilidade na análise Biplot, indicando que as interações genótipo x ambiente interferem na expressão dessas características. Quanto maior o valor da somatória dos componentes, mais adaptado está o modelo em descrever as variações de genótipo e interações GxA (Santos *et al.*, 2017).

Nota-se que a somatória de componentes principais foi maior para produtividade, se comparado a de qualidade, mostrando que o modelo foi mais preciso para a indicação de cultivares por meio da produtividade, porém, os valores de qualidade também foram significativos, tendo em vista a necessidade de novos trabalhos nessa área para uma melhor validação dessa metodologia. Os valores dos componentes principais podem variar conforme o fator estudado e sua capacidade de resposta ao ambiente (Santos *et al.*, 2017). Beksisa *et al.* (2021) em estudo de produtividade de café, encontraram somatórias de componentes próximos, 64,18%, também evidenciando a funcionalidade de explicação das análises.

A metodologia foi eficiente em avaliar o comportamento das cultivares, considerando a produtividade nos ambientes estudados. A cultivar com melhor produtividade média foi a IPR 100, produzindo 38,85 sc ha<sup>-1</sup> na média do biênio, sendo considerado um bom desempenho produtivo inicial, superior à média produtiva nacional de 26 sc ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024). As análises GGE Biplot mostraram que a cultivar IPR 100 foi uma boa cultivar, e teve boa adaptabilidade em um mega ambiente composto por cinco municípios. Já para o segundo mega ambiente, constituído por Campestre, as cultivares IAC Obatã 4739 juntamente com Arara foram as mais adaptáveis, sendo mais indicadas. Essa diferença de indicação evidencia a eficácia dessa análise na indicação de cultivares, demonstrando a sua capacidade em identificar

características que afetam a adaptabilidade de um material, fazendo com que ele desempenhe melhores resultados em determinado ambiente.

As cultivares com melhor desempenho produtivo geral foram IPR 100, IAC Obatã 4739, Arara e Catucaí 2SL. A cultivar IPR 100, lançada em 2012, é bastante promissora, por apresentar elevada produtividade, bom rendimento e tolerância ao déficit hídrico, além de possuir resistência a alguns nematoides (*Meloidogyne paranaensis* e *M. incógnita*), que podem acarretar perdas significativas de produtividade (Sera *et al.*, 2017). Ademais, apresenta baixa reprodução de *M. exigua* e redução do índice de galhas, que se relaciona a uma boa resistência (Barrantes *et al.*, 2020).

A cultivar Arara, também lançada em 2012, vem apresentando elevadas produtividades desde as primeiras safras, além de uma peneira elevada (Carvalho *et al.*, 2021; Matiello *et al.*, 2020). Apresenta elevada resistência a ferrugem (oriunda de Sarchimor) e resistência a *Pseudomonas* observada em campo (Carvalho *et al.*, 2022). Apesar de não apresentar resistência a nematoides, tem alto vigor vegetativo. Essa associação de características faz com que essa cultivar se adapte bem a diferentes regiões de cultivo e expresse elevadas produtividades, com médias de seis safras em alguns ambientes chegando a 69 sc ha<sup>-1</sup> (Carvalho *et al.*, 2021).

Já as cultivares Catucaí 2SL e IAC Obatã 4739 apresentam elevada produtividade, além da IAC Obatã 4739 apresentar elevado percentual de peneira alta (Filla *et al.*, 2024). Essa cultivar foi lançada em 2012 pelo IAC, todavia, os plantios comerciais começaram mais recentemente. Assim como a cultivar Arara, possui resistência a ferrugem advinda de genitor do grupo Sarchimor (Carvalho *et al.*, 2022). Tem apresentado bons resultados produtivos, principalmente em lavouras irrigadas, atingindo produtividades de 80 sc ha<sup>-1</sup>, comparado a 59 sc ha<sup>-1</sup> da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 (Fazuoli *et al.*, 2018). Nesse estudo, apesar de não ter sido realizado em lavouras irrigadas, a cultivar também obteve resultados superiores as cultivares testemunha, indicando a boa adaptabilidade a cultivos de sequeiro com alta produtividade.

Vale ressaltar que, no grupo de cultivares com maiores produtividades a maioria podem ser consideradas novas cultivares, com menos de 15 anos de lançamento (Carvalho *et al.*, 2022). Além disso são portadoras de resistência à ferrugem, que pode auxiliar na maior produtividade se comparado as cultivares susceptíveis (Carvalho *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2022; Matiello *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022), como no presente trabalho, onde superaram a produtividade das testemunhas Catuaí Vermelho IAC 144 e Catuaí Amarelo IAC 62.

Outra informação relevante obtida por meio das análises GGE Biplot é a formação de mega ambientes, que são um conjunto de locais que compartilham entre si um grupo de genótipos semelhantes, mais adaptados e produtivos (Yan; Nilsen; Beattie, 2016). Isso sugere que existem locais com características parecidas, que podem favorecer de forma igual a resposta de alguns materiais genéticos, todavia, há locais que mesmo próximos, apresentam características únicas, fazendo necessário uma indicação diferenciada de cultivares, podendo então, explorar melhor a resposta da adaptabilidade a tal ambiente (Ramalho *et al.*, 2024). No presente trabalho foram identificados dois mega ambientes para o fator produtividade e três para o fator qualidade de bebida, indicando que a qualidade sensorial pode ser mais afetada pelo ambiente.

Beksisa *et al.* (2021), com estudos em produtividade de genótipos de café arábica na Etiópia identificaram quatro mega ambientes por meio de análise GGE Biplot, evidenciando a capacidade de interferência do fator ambiental na resposta final. Outros trabalhos, em diferentes culturas, corroboram essa afirmação, mostrando a funcionalidade de se utilizar análises GGE Biplot no estudo adaptabilidade e estabilidade, com foco em recomendações, como no caso de feijão (Melo *et al.*, 2020), açaí (Yokomizo *et al.*, 2020), amendoim (Khan *et al.*, 2021) e trigo (Dique *et al.*, 2023).

Na maioria dos trabalhos citados, a análise GGE Biplot foi utilizada voltada a característica de produtividade das culturas. Todavia, na cafeicultura a característica sensorial da bebida é de extrema relevância no momento da comercialização, gerando valor agregado ao produto final (Borém, 2023). Sendo assim, esse trabalho buscou a interpretação do fator qualidade sensorial nas análises GGE Biplot, a fim de reconhecer indicações de cultivares a diferentes locais com foco em produção de cafés especiais. Os resultados da somatória dos componentes principais ficaram próximas a 60%, mostrando a relevância de se entender esse comportamento, frente aos poucos trabalhos encontrados.

Os mega ambientes formados para qualidade selecionam três cultivares, uma para cada ambiente, Catuaí Vermelho IAC 144 no mega ambiente um, MGS Paraíso 2 no mega ambiente dois, e Beija-flor no mega ambiente 3. Todavia, os gráficos de estabilidade das cultivares demonstram que os resultados da Beija-flor e Catuaí Vermelho IAC 144 são bastante instáveis, enquanto os resultados da MGS Paraíso 2 são superiores e com boa estabilidade, sendo considerado o ideótipo para qualidade de bebida. Vale ressaltar que, a pontuação média da MGS Paraíso 2 nos seis ambientes de cultivo foi superior à 85 pontos o que classifica os cafés como especiais excelentes perante a SCA.

Esses resultados corroboram outras pesquisas que indicam a cultivar MGS Paraíso 2 como excelente cultivar para produção de cafés especiais, superando até mesmo padrões de qualidade de cultivares já consagradas como o Bourbon Amarelo (Botelho *et al.*, 2023). A cultivar MGS Paraíso 2 tem acidez prazerosa, corpo aveludado, aroma adocicado e ótima doçura (Malta *et al.*, 2014). Sua capacidade de produção de cafés especiais é evidente, sendo capaz de produzir bebidas complexas acima de 90 pontos (Malta *et al.*, 2021). Em processamento via úmida atingiu pontuações de 91,75 pontos na escala SCA, sendo considerado um café excepcional (Carvalho *et al.*, 2021).

Além de evidenciar os melhores genótipos para cada ambiente, as análises GGE Biplot também são capazes de inferir sobre a cultivar com maior capacidade de expressão de um determinado fator no aspecto geral. Este trabalho indicou a IPR 100 como a cultivar com maior potencial produtivo e a MGS Paraíso 2 com maior potencial de qualidade.

Para análise de ambientes, percebe-se que o local Itamogi teve boa capacidade discriminativa das cultivares, tanto para a característica de produtividade como qualidade, contudo, não teve boa capacidade representativa dos demais locais. Paraguaçu e Campestre além de apresentarem capacidade discriminativa satisfatória, obtiveram boa característica de representatividade para produção e qualidade, evidenciada pelo ângulo entre o ponto e o eixo horizontal (Gráficos 4 e 8) (Ramalho *et al.*, 2024).

Isso faz de Paraguaçu e Campestre bons locais na região do Sul de Minas para retirada de informações seguras de recomendação de cultivares, visando produtividade e qualidade, além de ser um bom local para implantação de estudos. Esses resultados são de extrema importância em ensaios de cultivares e programas de melhoramento genético, ter ambientes que representem bem um conjunto de locais é essencial, evidenciando as melhores cultivares, descartando as piores e gerando informações seguras de desempenho (Melo *et al.*, 2020).

Nota-se que, no presente trabalho, a aplicação do método analítico GGE Biplot proporcionou uma avaliação mais ampla dos resultados obtidos, possibilitando fazer inferências mais precisas quanto ao potencial e posicionamento de cultivares. Além dos resultados desse trabalho, essa análise pode embasar novos estudos a fim de identificar padrões de perfil sensorial que podem auxiliar na identificação e criação de mais indicações geográficas e denominações de origem para o estado. A identificação de padrões de mega ambientes formam conjunto de locais que compartilham entre si os mesmos resultados (Yan; Nilsen; Beattie, 2016). Isso pode auxiliar na identificação de *terroir* que produzem uma qualidade sensorial em comum nos cafés, com características próprias, únicas, singulares e peculiares desses locais (Gonçalves; Almeida; Bastos, 2018).

Na cafeicultura, são poucos os trabalhos de indicação de cultivares com base na análise GGE Biplot. Diante da expressividade da cafeicultura no Sul de Minas, essa análise pode auxiliar na renovação do parque cafeeiro com novas cultivares, e gerar dados concisos e seguros aos produtores sobre o comportamento dos novos materiais em diferentes localidades. Para qualidade, se torna um trabalho pioneiro. Segundo Borém (2023), são diversos os fatores que interferem na qualidade final da bebida do café, sendo o ambiente, um deles. Logo, a formação de mega ambientes que compartilham uma mesma cultivar como ideótipo de qualidade, facilita ao produtor reconhecer qual deve ser seu posicionamento no momento da implantação.

## **5 CONCLUSÃO**

As análises GGE Biplot são eficientes para os programas de melhoramento genético do cafeeiro para identificar locais de boa adaptabilidade de novas cultivares, o que facilita a recomendação mais assertiva aos produtores, além de selecionar ambientes favoráveis para instalação de áreas experimentais.

As cultivares IPR 100, IAC Obatã 4739, Arara e Catucaí 2SL apresentam altas produtividades no primeiro biênio produtivo, na região do Sul de Minas Gerais, Brasil.

A cultivar MGS Paraíso 2 tem um alto potencial na produção de cafés especiais excelentes, acima de 85 pontos nesta região.

## REFERÊNCIAS

- BARRANTES, M. R. *et al.* Coffea arabica cultivars with resistance to nematode Meloidogyne exigua originated from Costa Rica. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 2020.
- BEKSISA, L. *et al.* GGE Biplot Analysis of Genotype x Environment Interaction and Bean Yield Stability of Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.) Genotypes in Southwestern Ethiopia. **American Journal of BioScience**. v. 9, n. 3, p. 110-115, 2021.
- BORÉM, F. M. **Tecnologia Pós-Colheita e Qualidade de Cafés**. Lavras: UFLA. 2023. 407 p.
- BOTELHO, C. E. *et al.* **Recomendação de cultivares de café Arábica para a Região do Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. República Federativa do Brasil, Brasília, 2003. p. 22-29.
- CARVALHO, C. H. S. *et al.* **Catálogo de Cultivares de Café Arábica**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2022. V. 1. 175 p.
- CARVALHO, G. R. *et al.* **Cafeicultura do Cerrado**. Belo Horizonte: Epamig, 2021. 564 p.
- CECAFE. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **Relatório Mensal de Exportações**. Dezembro de 2024. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>. Acesso em: 06 fev. 2025.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café**. Brasília: CONAB, set. 2024. V. 11. N. 3.
- DIQUE, J. E. L. *et al.* GGE Biplot analysis of the adaptability and stability of wheat genotypes in Mozambique. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, p. 1-11, 2023.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* IAC Obatã 4739 – dwarf arabic coffee cultivar with yellow fruits and resistant to leaf rust. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 3, p. 330-333, 2018.
- FILLA, V. A. *et al.* Responsiveness of Arabica coffee cultivars to skeleton pruning in a low-altitude region. **Crop Science**. v. 64, p. 942-955, 2024.
- FLORES, O. R. V. *et al.* Roasting affects the final quality of Coffea arabica from the Central Mexican Plateau. **Food Science and Technology**, v. 44, p. 1-8, 2024.
- GONÇALVES, L. A. S.; ALMEIDA, B. A.; BASTOS, E. M. S. Panorama Das Indicações Geográficas No Brasil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 41, p.130-144, dez. de 2018.
- KANG, M. S. **Quantitative genetics, genomics and plant breeding**. Kansas, USA: Department of Plant Pathology Kansas State University Manhattan, 2020. p. 411.

- KHAN, M. M. H. *et al.* Análise Biplot AMMI e GGE para desempenho de rendimento e avaliação de estabilidade de genótipos selecionados de amendoim Bambara (*Vigna subterranea* L. Verdc.) sob ensaios multiambientais (METs). **Sci Rep.** v. 11, p. 22791, 2021.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook:** a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. Long Beach, CA: Specialty Coffee Association of America, 2011.
- 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.
- MALTA, M. R. *et al.* Selection of Elite Genotypes of Coffee arabica L. to Produce Specialty Coffees. **Frontiers In Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 715385, 2021.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **CultivarWeb**. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php). Acesso em: 06 jan. 2025.
- MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de Café no Brasil:** Manual de Recomendações. 1. ed. São Paulo, 2020. 716 p.
- MELO, L. F. *et al.* GGE Biplot analysis to recommend cowpea cultivars for green grain production. **Revista Caatinga**. v. 33, n. 2, p. 321-331, 2020.
- OLIVEIRA, A. C. B. *et al.* **Cultivares de café resistentes à ferrugem: alternativa viável para a cafeicultura das Matas de Minas.** Brasília, DF: Embrapa Café, 2021. V. 1, 46 p.
- PIMENTA, C. J.; ANGÉLICO, C. L.; CHALFOUN, S. M. Desafios na qualidade do café: aspectos culturais, químicos e microbiológicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 337-349, 2018.
- PINTO, M. F. *et al.* Eficiência na seleção de progênies de cafeeiro avaliadas em Minas Gerais. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p.1-7, 2012.
- RAMALHO, M. P. *et al.* **Aplicações da Genética Quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.** Lavras, MG: UFLA, 2024. 456 p.
- R. DEVELOPMENT CORE TEAM. **R:** A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2021.
- REICHEL, T. *et al.* Potential of rust-resistant arabica coffee cultivars for specialty coffee production. **Bioscience Journal**. v. 39, p. 1-10, 2023.
- SAKATA, W. M. An overview of genotype x environment interaction and yield stability analysis in applied plant breeding: great emphasis given to coffee (*Coffea arabica* L.). **J. Agril. Res. Innov.** v.11, n. 2, p.117-123, 2021.
- SANTOS, A. *et al.* GGE Biplot projection in discriminating the efficiency of popcorn lines to use nitrogen. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 41, n. 1, p. 22-31, 2017.

- SERA, G. H. *et al.* Coffee leaf rust in Brazil: Historical events, current situation, and control measures. **Agronomy**, v. 12, n. 2, 496 p. 2022.
- SERA, T. *et al.* IPR 100 – Rustic dwarf Arabica coffee cultivar with resistance to nematodes *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 175-179, 2017.
- SILVA, V.A. *et al.* Strategy for Selection of Drought-Tolerant Arabica Coffee Genotypes in Brazil. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 2167, 2022.
- TOLEDO, P. A. B. *et al.* Relação entre os diferentes aspectos relacionados à qualidade do café e seus compostos voláteis. Revisões abrangentes em ciência e segurança alimentar, v.15, n.4, p.705–719. 2016.
- VILAS BOAS, L .G. A disseminação da cafeicultura no sul de Minas Gerais e no município de Nepomuceno-MG entre as décadas de 1950 e 1990. **Geografia**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 1-25, 2021.
- YAN, W.; NILSEN, K. T.; BEATTIE, A. Analysis and handling of G x E in a practical breeding program. **Crop Science**, v. 56, p. 2106-2118, 2016.
- YAN, W.; KANG, M. S. **GGE Biplot analysis**: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. 1. ed. Florida: CRC Press, 2003.
- YANG, R. C. *et al.* Biplot analysis of genotype x environment interaction: proceed with caution. **Crop Science**, v. 49, p. 1564-1576, 2009.
- YOKOMIZO, G. K. I. *et al.* Stability and adaptability in assai palm tree progenies by GGE Biplot. **Cultura Agronômica**, v. 29, n. 2, p. 143-156, 2020.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho serve de base para futuras recomendações de cultivares. Nota-se que algumas cultivares tem um bom desempenho inicial de produtividade, característica importante, principalmente visando um retorno financeiro mais rápido. Os custos de implantação de uma lavoura de café são elevados, sendo assim, cultivares que expressem altas produtividades nas primeiras safras auxiliam a cobrir os custos de implantação e geram lucro ao produtor a curto prazo.

A produção de cafés especiais vem crescendo a cada dia, visando suprir uma demanda populacional crescente que busca por bebidas de qualidade. Logo, ter cultivares de café que entregam experiências sensoriais diferenciadas associadas a pontuações elevadas é algo interessante. A cultivar MGS Paraíso 2 apresentou capacidade de entrega de pontuações elevadas, sendo indicada para propriedades que investem na produção de lotes de café de qualidade diferenciada.

As interações entre genótipo e ambiente podem diferenciar a capacidade produtiva de cultivares de café. Com isso, análises de adaptabilidade e estabilidade são fundamentais para entender esse comportamento dos materiais em diferentes locais. As análises GGE Biplot são ferramentas interessantes para essa investigação, gerando gráficos informativos de fácil interpretação sobre o desempenho de cultivares em cada local e na visão geral de um conjunto de ambientes.

O tempo de avaliação desse trabalho ainda é curto para realizar recomendações com precisão e, com isso, faz-se necessário a continuidade dele com a avaliação de mais safras para a obtenção de resultados conclusivos que podem agregar para o aumento de produtividade e qualidade dos cafés mineiros.

## APÊNDICES

A seguir são apresentadas as tabelas com os testes de agrupamento das médias das análises individuais dos seis ambientes de estudo. As Tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 são referentes à Campestre, Itamogi, Machado, Paraguaçu, São Sebastião do Paraíso e Três Pontas, respectivamente.

Tabela 6 – Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café no município de Campestre-MG.

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
MGS EPAMIG 1194	41,85 a	51,45 c	18,89 d	84,00 a	692,51 c
IPR 100	38,94 a	71,74 a	16,87 e	84,33 a	677,18 d
Catuaí Amarelo IAC 62	37,92 a	68,83 b	16,39 e	84,33 a	691,94 c
IPR 102	37,79 a	65,49 b	16,61 e	79,67 c	685,22 c
MGS Aranãs	37,08 a	70,31 a	18,51 d	84,50 a	677,22 d
Catuaí 2SL	36,40 a	71,58 a	19,84 d	83,33 b	690,93 c
IPR 105	36,36 a	74,04 a	15,00 e	82,33 b	686,82 c
IPR 107	34,43 a	81,78 a	9,44 f	83,50 b	693,99 c
Arara	34,37 a	61,88 b	20,92 d	84,67 a	704,37 a
IAC Obatã 4739	33,38 a	66,39 b	15,82 e	82,50 b	686,59 c
MGS Catuaí Pioneira	31,79 a	67,68 b	17,68 d	84,50 a	690,25 c
Catuaí Amarelo 24/137	31,41 a	65,69 b	18,34 d	80,67 c	679,14 d
Graúna	30,66 a	62,14 b	18,90 d	83,67 b	705,62 a
Guará	30,36 a	65,52 b	20,42 d	82,83 b	693,78 c
IAC 125 RN	30,04 a	74,04 a	15,69 e	83,17 b	697,46 b
Rouxinol	30,04 a	60,00 b	22,52 d	83,67 b	708,65 a
IPR 103	29,19 a	66,06 b	14,21 e	82,17 b	697,80 b
Azulão	28,51 b	42,65 d	16,51 e	84,00 a	709,55 a
Catuaí Vermelho 144	28,14 b	64,84 b	21,18 d	83,17 b	685,61 c
Catuaí SH3	27,81 b	71,37 a	10,80 f	84,67 a	695,14 c
Acauã Novo	27,05 b	41,39 d	26,20 c	83,50 b	687,14 c
Asa Branca	26,71 b	39,62 d	36,47 a	79,00 c	704,88 a

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	25,96 b	63,08 b	21,31 d	79,83 c	689,81 c
Catiguá MG2	25,56 b	29,92 e	24,14 c	83,50 b	707,25 a
MGS Ametista	24,23 b	67,97 b	15,87 e	83,00 b	686,28 c
Paraíso MG H419-1	21,71 c	48,52 c	18,73 d	80,67 c	710,65 a
Pau Brasil MG1	20,77 c	24,53 e	29,32 b	82,83 b	701,23 b
MGS Paraíso 2	20,26 c	68,00 b	15,41 e	85,17 a	686,02 c
Japy	20,09 c	62,02 b	30,82 b	83,00 b	700,09 b
Beija Flor	12,25 c	20,67 e	25,76 c	84,33 a	700,34 b

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2025).

Tabela 7 – Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café no município de Itamogi-MG

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
IPR 100	57,20 a	63,56 c	17,59 c	83,00 b	686,45 d
IPR 102	49,27 a	52,88 d	19,05 c	84,50 b	684,28 d
Catucaí 2SL	49,19 a	70,35 b	19,16 c	83,00 b	702,16 b
Catiguá MG2	48,29 a	43,90 e	18,02 c	84,33 b	701,41 b
IAC 125 RN	46,36 a	79,63 a	13,87 d	78,67 e	701,24 b
IPR 107	46,07 a	85,59 a	9,36 d	84,33 b	688,86 c
Acauã Novo	44,56 a	45,49 e	18,30 c	80,00 d	691,34 c
Arara	44,13 a	69,08 b	17,85 c	83,83 b	703,85 b
Rouxinol	43,64 a	55,24 d	24,92 b	84,00 b	704,57 b
IPR 103	43,56 a	67,07 c	14,22 d	82,00 c	682,35 d
MGS Ametista	43,33 a	68,74 b	16,93 c	81,67 c	697,36 b
Graúna	41,19 b	66,36 c	19,04 c	83,83 b	706,55 b
Azulão	40,22 b	34,04 f	19,62 c	83,33 b	715,33 a
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	40,14 b	63,34 c	16,27 c	82,67 b	710,20 a
IAC Obatã 4739	39,93 b	76,00 a	13,13 d	82,33 c	694,08 c
IPR 105	39,21 b	73,88 b	15,98 c	80,67 d	684,43 d
MGS Paraíso 2	38,54 b	74,35 b	15,87 c	86,00 a	694,77 c
MGS Aranãs	38,33 b	75,46 a	15,01 d	84,83 b	674,73 d
Catuaí SH3	36,97 b	79,32 a	10,51 d	80,50 d	693,04 c
Pau Brasil MG1	36,74 b	30,91 f	28,07 b	84,50 b	709,94 a
MGS Catucaí Pioneira	36,27 b	70,66 b	17,99 c	84,00 b	688,15 c
Asa Branca	33,27 c	35,14 f	33,46 a	83,83 b	704,10 b
Catucaí Amarelo 24/137	32,34 c	63,64 c	18,14 c	83,33 b	689,62 c
MGS EPAMIG 1194	31,86 c	61,59 c	19,85 c	83,83 b	687,34 c

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Catuaí Amarelo IAC 62	30,46 c	68,17 b	16,45 c	82,83 b	683,41 d
Paraíso MG H419-1	29,87 c	54,52 d	17,92 c	84,67 b	716,51 a
Catuaí Vermelho 144	29,44 c	68,77 b	19,88 c	87,17 a	690,87 c
Guará	25,87 d	64,42 c	17,53 c	83,50 b	690,94 c
Beija Flor	24,44 d	13,83 g	23,98 b	82,17 c	699,36 b
Japy	18,51 d	61,39 c	27,65 b	82,17 c	694,35 c

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2025)

Tabela 8 – Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café no município de Machado-MG

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Catuaí 2SL	31,20 a	72,09 a	12,07 c	83,50 a	690,16 b
IAC Obatã 4739	28,25 a	63,60 a	9,94 d	83,33 a	702,50 a
Graúna	26,27 a	57,71 b	11,64 c	85,17 a	707,66 a
IPR 103	25,24 a	72,69 a	8,65 d	82,50 b	693,45 b
IPR 105	24,80 a	73,43 a	8,67 d	82,67 b	680,93 b
IPR 100	24,65 a	72,36 a	7,76 d	83,00 b	684,13 b
MGS EPAMIG 1194	23,98 a	52,10 b	12,60 c	82,67 b	683,51 b
Arara	21,48 a	64,79 a	10,24 d	82,67 b	708,62 a
Catiguá MG2	21,23 a	33,29 c	16,01 b	83,67 a	708,02 a
MGS Ametista	20,23 b	47,65 b	9,93 d	82,67 b	677,19 b
Japy	19,64 b	54,94 b	17,21 b	84,17 a	702,42 a
Pau Brasil MG1	19,37 b	29,05 c	19,48 b	83,00 b	709,52 a
IPR 107	19,16 b	70,15 a	10,13 d	83,50 a	702,40 a
Guará	19,14 b	46,32 b	13,60 c	81,83 b	707,25 a
Catuaí SH3	19,09 b	66,90 a	5,64 d	84,50 a	698,38 a
Catuaí Amarelo 24/137	18,89 b	48,89 b	9,27 d	83,00 b	680,31 b
IAC 125 RN	18,14 b	65,76 a	8,39 d	82,00 b	705,83 a
MGS Paraíso 2	18,07 b	71,44 a	9,18 d	84,00 a	691,46 b
MGS Aranãs	17,46 b	61,72 a	11,18 c	84,17 a	670,17 b
Asa Branca	17,43 b	35,72 c	27,59 a	83,50 a	704,05 a
Acauã Novo	17,06 b	35,68 c	14,42 c	83,50 a	695,28 a
MGS Catuaí Pioneira	16,84 b	57,67 b	11,70 c	83,83 a	688,36 b
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	16,12 b	47,89 b	12,35 c	83,83 a	703,35 a
IPR 102	15,72 b	56,89 b	11,41 c	83,83 a	683,45 b
Rouxinol	14,69 b	50,38 b	11,30 c	83,83 a	702,36 a
Paraíso MG H419-1	14,00 b	29,11 c	14,17 c	83,83 a	714,14 a

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Beija Flor	10,82 b	7,33 d	15,47 b	85,50 a	693,43 b
Catuaí Amarelo IAC 62	10,06 b	55,30 b	12,61 c	83,50 a	685,48 b
Azulão	9,86 b	28,34 c	11,9 c	82,17 b	700,07 a
Catuaí Vermelho 144	6,24 b	56,22 b	9,70 d	80,33 c	678,43 b

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2025)

Tabela 9 – Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café no município de Paraguaçu-MG.

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Arara	39,64 a	56,26 a	16,56 c	82,50 b	704,05 a
IAC Obatã 4739	37,44 a	40,29 c	14,90 d	83,33 b	696,98 a
IPR 100	36,29 a	53,31 b	21,89 b	82,83 b	679,76 c
IPR 103	35,02 a	59,18 a	13,72 d	85,00 a	691,42 b
Rouxinol	34,30 a	39,32 c	25,15 a	83,17 b	704,24 a
IPR 102	32,09 b	53,94 b	19,56 c	83,83 b	674,46 c
MGS Catucaí Pioneira	32,05 b	45,22 b	19,71 c	83,00 b	691,07 b
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	31,67 b	38,42 c	21,84 b	82,67 b	700,77 a
IAC 125 RN	30,78 b	48,47 b	14,94 d	80,33 c	699,69 a
Catucaí 2SL	30,67 b	54,13 b	19,18 c	80,67 c	689,74 b
Catiguá MG2	29,77 b	22,63 d	21,50 b	85,83 a	699,06 a
Guará	29,35 b	41,58 c	23,65 b	82,33 b	703,05 a
Graúna	29,03 b	37,49 c	21,85 b	83,33 b	708,89 a
MGS EPAMIG 1194	28,70 b	56,36 a	16,31 c	83,40 b	685,45 b
MGS Aranãs	27,65 b	53,47 b	17,27 c	84,50 a	670,95 c
Azulão	27,64 b	32,30 c	18,01 c	83,00 b	706,44 a
Acauã Novo	27,17 b	27,51 d	26,09 a	84,17 a	685,66 b
Catuaí SH3	26,86 b	52,23 b	13,11 d	82,83 b	689,34 b
Pau Brasil MG1	25,56 b	21,96 d	26,32 a	85,17 a	699,92 a
IPR 105	24,78 c	62,87 a	15,57 d	83,67 b	683,21 b
MGS Paraíso 2	23,88 c	46,31 b	17,90 c	84,50 a	693,04 b
Catucaí Amarelo 24/137	22,51 c	46,37 b	16,74 c	82,67 b	690,75 b
Paraíso MG H419-1	22,49 c	27,99 d	19,16 c	81,17 c	712,12 a
Catuaí Amarelo IAC 62	21,91 c	57,90 a	18,21 c	83,17 b	686,89 b

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
MGS Ametista	20,83 c	34,59 c	14,52 d	83,50 b	687,50 b
Asa Branca	18,89 c	31,25 c	28,45 a	79,17 d	702,94 a
Catuaí Vermelho 144	18,49 c	52,47 b	19,85 c	82,83 b	686,58 b
Japy	15,65 d	42,65 c	25,59 a	83,33 b	699,18 a
IPR 107	11,97 d	63,87 a	12,52 d	84,50 a	680,20 c
Beija Flor	11,19 d	17,92 d	22,41 b	78,67 d	698,26 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2025).

Tabela 10 – Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café no município de São Sebastião do Paraíso-MG.

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
IPR 100	41,72 a	69,43 b	14,07 d	82,83 c	674,04 d
Acauã Novo	31,15 b	50,65 c	19,71 c	79,00 e	695,33 b
Arara	29,01 b	65,56 b	15,61 c	83,33 c	698,67 b
IPR 105	28,79 b	78,78 a	11,96 d	84,33 c	687,27 c
Catucaí 2SL	28,05 b	69,34 b	16,21 c	84,00 c	693,44 b
MGS Aranhã	27,94 b	76,88 a	12,09 d	83,00 c	669,58 d
IAC Obatã 4739	25,93 b	67,42 b	13,34 d	82,33 c	691,06 b
Graúna	25,53 b	59,24 c	16,68 c	83,50 c	702,87 a
Asa Branca	24,25 c	32,85 e	33,49 a	82,50 c	714,98 a
IPR 102	23,80 c	61,59 c	14,15 d	82,67 c	674,80 d
Catucaí Amarelo 24/137	23,73 c	64,36 b	14,15 d	83,33 c	685,62 c
Rouxinol	23,23 c	55,77 c	12,95 d	85,00 b	703,56 a
Catuaí Vermelho 144	22,93 c	70,89 b	16,15 c	82,50 c	676,97 d
Catuaí Amarelo IAC 62	22,46 c	68,95 b	12,97 d	83,50 c	672,98 d
IPR 103	22,27 c	68,60 b	16,89 c	83,67 c	691,50 b
MGS Catucaí Pioneira	22,12 c	68,93 b	16,55 c	83,83 c	686,40 c
MGS Paraíso 2	21,91 c	58,89 c	13,48 d	86,67 a	698,61 b
IPR 107	21,29 c	78,86 a	10,35 d	82,67 c	695,26 b
MGS Ametista	21,29 c	54,00 c	14,99 c	83,33 c	691,15 b
Azulão	20,85 c	41,70 d	14,04 d	87,00 a	708,68 a
Pau Brasil MG1	20,76 c	25,23 f	21,51 b	83,17 c	712,63 a
Guará	19,74 c	65,74 b	15,46 c	84,00 c	691,67 b
IAC 125 RN	18,97 c	66,97 b	16,10 c	83,33 c	702,65 a
Catiguá MG2	18,74 c	30,50 e	19,05 c	83,83 c	703,90 a
MGS EPAMIG 1194	17,78 c	61,61 c	16,25 c	83,33 c	672,92 d

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
Catuaí SH3	16,48 c	76,14 a	10,66 d	84,67 b	702,02 a
Japy	16,30 c	58,28 c	25,27 b	81,67 d	697,15 b
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	16,16 c	54,26 c	17,26 c	81,33 d	689,86 b
Beija Flor	12,79 c	23,16 f	21,26 b	87,50 a	701,22 a
Paraíso MG H419-1	12,61 c	53,36 c	17,38 c	81,67 d	712,87 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2025)

Tabela 11 – Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), percentual de peneira alta (%PA), percentual de grãos moca (%Moca), qualidade sensorial e densidade (kg m<sup>-3</sup>) de 30 cultivares de café no município de Três Pontas-MG

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
IAC Obatã 4739	38,47 a	64,90 a	11,77 c	83,00 c	690,11 b
IPR 100	34,33 a	59,80 b	14,28 c	83,00 c	676,98 c
Arara	32,03 a	66,34 a	12,55 c	84,00 b	696,46 a
Rouxinol	31,51 a	57,97 b	13,31 c	85,00 a	708,24 a
Catiguá MG2	30,23 a	34,60 c	16,30 c	83,67 b	705,50 a
MGS Catucaí Pioneira	29,75 a	57,79 b	15,21 c	84,00 b	687,98 b
Catuaí Amarelo IAC 62	28,66 a	63,35 a	12,06 c	85,00 a	681,98 b
Graúna	28,44 a	53,06 b	13,92 c	83,00 c	699,76 a
MGS EPAMIG 1194	28,02 a	55,02 b	13,97 c	83,17 c	690,96 b
IPR 105	27,97 a	71,51 a	11,58 c	82,17 c	672,72 c
Azulão	27,83 a	55,37 b	12,18 c	84,17 b	683,21 b
MGS Paraíso 2	27,71 a	60,09 b	12,08 c	85,00 a	699,91 a
Guará	25,97 a	53,61 b	15,44 c	82,67 c	694,93 a
Acauã Novo	25,94 a	30,85 c	19,73 b	83,00 c	696,88 a
Catiguá Amarelo 6I P1 FBS	25,22 a	56,92 b	17,94 b	82,17 c	701,55 a
IPR 102	25,19 a	53,70 b	15,20 c	83,00 c	668,83 c
IPR 103	25,03 a	61,23 b	13,47 c	83,67 b	673,74 c
Catuaí Vermelho 144	24,65 a	60,77 b	16,76 c	79,33 d	686,52 b
Catucaí 2SL	24,28 a	58,80 b	21,66 b	81,83 c	689,86 b
MGS Aranãs	23,80 a	47,02 b	6,80 d	83,83 b	677,74 c
IPR 107	22,45 b	80,60 a	7,89 d	85,17 a	689,04 b
Catuaí SH3	22,14 b	68,91 a	8,21 d	84,83 a	684,97 b
Pau Brasil MG1	20,74 b	38,09 c	19,95 b	83,67 b	706,16 a
Catucaí Amarelo 24/137	20,50 b	51,87 b	14,40 c	82,33 c	686,39 b
IAC 125 RN	19,56 b	73,36 a	10,41 d	83,17 c	697,51 a

<b>Cultivar</b>	<b>Produtividade</b>	<b>%PA</b>	<b>%Moca</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Densidade</b>
MGS Ametista	19,27 b	57,49 b	14,19 c	81,33 c	682,83 b
Paraíso MG H419-1	18,97 b	47,52 b	15,22 c	83,33 c	706,56 a
Asa Branca	16,95 b	30,12 c	28,46 a	82,50 c	705,70 a
Japy	13,51 b	61,21 b	23,50 b	84,50 b	699,75 a
Beija Flor	13,33 b	16,69 d	19,40 b	86,00 a	693,11 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2025)