



SAMUEL VIEIRA DE OLIVEIRA SILVA

**EFEITO DA FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA, COM
IMERSÃO EM ÁGUA E DUPLA FERMENTAÇÃO NA
QUALIDADE DO CAFÉ CEREJA DESCASCADO**

**LAVRAS – MG
2023**

SAMUEL VIEIRA DE OLIVEIRA SILVA

**EFEITO DA FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA, COM IMERSÃO EM ÁGUA
E DUPLA FERMENTAÇÃO NA QUALIDADE DO
CAFÉ CEREJA DESCASCADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do curso de Engenharia
Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Flávio Meira Borém
Orientador

Msc. Luana Haerberlin
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de aproveitar este espaço para expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que tornaram possível a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Em primeiro lugar, aos meus amigos e familiares, especialmente à minha querida mãe, Izabel, e ao meu pai, Beto Placas, que estiveram ao meu lado durante essa jornada acadêmica, meu mais profundo agradecimento. Seu apoio emocional e incentivo foram essenciais para que eu continuasse perseverando nos momentos mais desafiadores.

Quero também expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Flávio Meira Borem, à minha coorientadora Luana Haeberlin, à Ana Paula de Carvalho Alves e à Claudia Mendes dos Santos, pela orientação constante, paciência e conhecimento compartilhado ao longo deste processo. Suas valiosas contribuições e conselhos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Também quero estender meus agradecimentos à Universidade Federal de Lavras, por fornecer os recursos necessários para a realização deste estudo. Agradeço à biblioteca, aos laboratórios, aos professores e aos funcionários por seu suporte constante.

Agradeço aos participantes deste estudo, que dedicaram seu tempo e conhecimento para colaborar com a pesquisa. Sem sua contribuição, este trabalho não teria sido possível.

Aos colegas de classe, aos colegas da Enagri Jr, e aos colegas de LPPA que compartilharam ideias e experiências ao longo deste percurso, meu sincero agradecimento. Suas contribuições e discussões foram inestimáveis.

Por fim, quero agradecer a todos os pesquisadores, autores e profissionais cujas obras e estudos anteriores foram referências para o meu trabalho. Sua dedicação à pesquisa e ao conhecimento enriqueceu este TCC.

Este trabalho representa o culminar de anos de estudo e esforço, e não teria sido possível sem o apoio, encorajamento e orientação daqueles mencionados acima. A todos vocês, meu mais profundo agradecimento.

Com gratidão,

Samuel Vieira de Oliveira Silva

Dedico à minha mãe, Izabel, e a aqueles que partiram deixando saudade em meu coração, mas continuam sendo minha motivação diária: meu pai Beto Placas, meu avô Onofre e à minha avó Zilma. Isso é por vocês!

RESUMO

Com a crescente busca por cafés especiais individualizados, a fermentação está em ascensão na cafeicultura nacional. Além do método de fermentação, fatores como cultivar e altitude de produção são responsáveis pela qualidade sensorial do café. Com isso, esta pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade sensorial de cafés descascados fermentados, de duas cultivares de Catuaí, produzidos em diferentes altitudes. O café utilizado na pesquisa foi proveniente da Serra da Mantiqueira, na Fazenda da Pedra, do município de Cristina, em Minas Gerais. Foram utilizadas amostras de café Catuaí Vermelho IAC 144 produzidas a 1240 m de altitude e amostras de café Catuaí Amarelo IAC 62 produzidas a 980 m de altitude. A colheita dos frutos foi realizada de forma manual, separação hidráulica e descascamento dos cafés foram realizadas mecanicamente. Os cafés cerejas descascados, das duas cultivares/ambiente foram submetidos a três métodos de fermentação: fermentação semissólida (por 72 h), fermentação líquida (por 72 h) e fermentação dupla (semissólida por 72h e líquida por 24h). A fermentação ocorreu em embalagens herméticas com válvula airlok. A cada 12 h de fermentação, a temperatura e °brix do mosto foram determinadas. Após a fermentação os cafés foram secos em secador mecânico até atingirem 11 %(b.u.) de teor de água. Passaram por 30 dias de descanso, acondicionados em embalagem permeável, em condição ambiente. Então foram beneficiados e preparados para análise sensorial. Os resultados mostram que a adição de água na fermentação líquida reduz a concentração de sólidos solúveis no mosto de fermentação. Entretanto, ocorreu fermentação nas amostras de café, devido a tendência de elevação da temperatura, concomitante com a redução do °brix, para as duas cultivares de Catuaí produzidas em diferentes altitudes. A qualidade sensorial foi dependente da cultivar, altitude de produção e método de fermentação. A cultivar vermelha produzida a 1240 m apresentou maiores intensidades de amargor e adstringência que a cultivar amarela produzida a 980 m, principalmente para a fermentação dupla. Enquanto a bebida de Catuaí Amarelo a 980 m fermentado apresentou boa doçura, acidez e finalização. Todos os tratamentos apresentaram acidez cítrica e corpo cremoso. De acordo com as descrições de sabor e aroma, e a intensidades dos atributos, o melhor método de fermentação de café descascado para a Catuaí Amarelo a 980 m é o semissólido, e para Catuaí Vermelho a 1240 m fermentação semissólida e líquida.

Palavras-chaves: café especial; fermentação semissólida; fermentação líquida; dupla fermentação; aroma; sabor.

ABSTRACT

With the growing demand for personalized specialty coffees, fermentation is on the rise in national coffee farming. Besides the fermentation method, factors such as cultivar and production altitude play a crucial role in the sensory quality of coffee. Thus, this research aimed to evaluate the sensory quality of peeled and fermented coffees from two Catuaí cultivars produced at different altitudes. The coffee used in the study originated from the Mantiqueira Mountains, at Fazenda da Pedra in the municipality of Cristina, Minas Gerais. Samples of Catuaí Red IAC 144 coffee produced at an altitude of 1240 meters and samples of Catuaí Yellow IAC 62 coffee produced at an altitude of 980 meters were used. Fruit harvesting was done manually, and hydraulic separation and coffee peeling were performed mechanically. The peeled cherries from both cultivars/altitudes were subjected to three fermentation methods: semi-solid fermentation (for 72 hours), liquid fermentation (for 72 hours), and double fermentation (semi-solid for 72 hours and liquid for 24 hours). Fermentation took place in hermetically sealed containers with airlock valves. Temperature and °Brix of the must were determined every 12 hours during fermentation. After fermentation, the coffees were dried in a mechanical dryer until they reached 11% moisture content (w.b.). They underwent 30 days of resting in a permeable package at room conditions and were then processed for sensory analysis. The results indicate that adding water during liquid fermentation reduces the concentration of soluble solids in the fermentation must. However, fermentation occurred in the coffee samples due to the tendency of temperature rise, accompanied by a decrease in °Brix, for both Catuaí cultivars produced at different altitudes. Sensory quality depended on the cultivar, production altitude, and fermentation method. The Red cultivar produced at 1240 meters exhibited higher bitterness and astringency intensities than the Yellow cultivar produced at 980 meters, especially for double fermentation. Meanwhile, the coffee from Yellow Catuaí at 980 meters, fermented, showed good sweetness, acidity, and finish. All treatments displayed citrusy acidity and a creamy body. According to the flavor and aroma descriptions and the intensity of attributes, the best fermentation method for peeled Catuaí Yellow coffee at 980 meters is semi-solid, and for Red Catuaí at 1240 meters, semi-solid and liquid fermentation are preferred.

Keywords: specialty coffee; semi-solid fermentation; liquid fermentation; double fermentation; aroma; flavor.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	OBJETIVOS	9
2.1.	Objetivo geral.....	9
2.2.	Objetivos específicos	9
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1.	Cafés especiais	10
3.2.	Relação genótipo e ambiente	11
3.3.	Processamento de café.....	12
3.4.	Fermentação de café.....	13
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1.	Caracterização do experimento	15
4.2.	Fermentação	16
4.3.	Secagem	17
4.4.	Descanso	18
4.5.	Beneficiamento.....	18
4.6.	Análise de qualidade do café.....	18
4.6.1.	Análise sensorial.....	18
4.7.	Delineamento experimental e análise estatística	19
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1.	Acompanhamento da fermentação	20
5.2.	Qualidade sensorial do café fermentado.....	24
6.	CONCLUSÕES.....	29
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
	ANEXO.....	33

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, temos observado um crescente reconhecimento da importância da qualidade do café, o que tem impulsionado a produção de cafés especiais. Estes são conhecidos por apresentar um equilíbrio único de aromas, sabores e pela ausência de defeitos. À medida que essa valorização da qualidade se expande, os países produtores de café têm demonstrado um interesse crescente em compreender os fatores ambientais, genéticos e tecnológicos que exercem influência sobre a qualidade do café (AVELINO et al., 2015).

Bebidas de melhor qualidade e maior valor comercial estão relacionadas às cultivares de *Coffea arabica*, estas geralmente cultivadas em grandes altitudes, apresentando textura do corpo suave, acidez acentuada e aromas marcantes (WINTGENS, 2004).

De maneira geral, todas as cultivares de *Coffea arabica* possuem o potencial para a produção de café de alta qualidade. Cada cultivar pode proporcionar características sensoriais únicas, resultando em uma vasta gama de perfis de sabor, que variam desde notas frutadas e florais até sabores mais terrosos e achocolatados. Entretanto, observa-se que sabores e aromas distintivos são mais frequentes em determinadas cultivares. Como exemplo, a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 é apreciada por ter uma boa acidez, corpo médio e aroma envolvente, possuindo geralmente bebida de dura a mole (WINTGENS, 2004). A cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 pode apresentar perfil sensorial de frutas cítricas, notas adocicadas, florais e de cacau, com elevada doçura e acidez, corpo denso e aveludado (ARANTES, 2018).

Com o progresso tecnológico que tem marcado o setor cafeeiro nos últimos anos, novas opções de processamento têm se tornado cada vez mais atrativas para os produtores. Nesse cenário, a busca por inovações nesta área é indispensável para atender às crescentes demandas do mercado. Dentre as diversas tecnologias disponíveis, a fermentação controlada dos frutos de café emerge como uma opção de destaque. Esta etapa é considerada fundamental para a formação da qualidade do café, uma vez que representa um processo complexo que envolve a interação entre microrganismos, a matriz química dos frutos e os fatores ambientais.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a interação entre genótipo, ambiente e processamento na qualidade sensorial de cafés arábica de duas cultivares, produzidas em altitudes distintas, submetidos a três métodos de fermentação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar a alteração da qualidade sensorial de café descascado, de duas cultivares, produzido em diferentes altitudes, submetido a distintos métodos de fermentação.

2.2. Objetivos específicos

- Verificar a influência da matéria prima e do método de fermentação nas modificações dos parâmetros de temperatura e brix ao longo da fermentação.
- Avaliar a influência da interação entre genótipo, ambiente e processamento na qualidade sensorial dos grãos de café.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Cafés especiais

O café desempenha um papel de destaque como um produto agrícola em várias perspectivas, especialmente no contexto brasileiro. Primeiramente, sua importância econômica é inegável, pois contribui significativamente para o equilíbrio das transações cambiais, estimula a criação de empregos e impulsiona outros setores da economia por meio de sua comercialização. Além disso, o café elevou a imagem do Brasil no cenário mundial, devido à sua ampla gama de produtos e à ênfase na qualidade ao longo das últimas décadas, tornando-se um competidor distinto nesse mercado (GUIMARÃES; CASTRO JUNIOR; ANDRADE, 2016; VOIGT-GAIR; MIGLIORANZA; FONSECA, 2013).

Atualmente, o Brasil ostenta o título de maior produtor e exportador de café beneficiado cru do mundo, e, apesar das flutuações do mercado, mantém-se como um pilar fundamental da economia nacional, em grande parte devido ao hábito generalizado de consumo da bebida em todo o mundo (NASCIMENTO et al., 2007).

Entretanto, nos últimos 30 anos, é evidente a evolução da qualidade dos cafés brasileiros. Os cafés especiais, que se destacam pelos seus atributos físicos e sensoriais excepcionais, proporcionam uma nova perspectiva aos consumidores. Associados a elementos intangíveis, como certificações de origem, selos de qualidade e prêmios, esses cafés trazem um diferencial notável em comparação com o café convencional. Além disso, dentro do mercado de cafés especiais, os consumidores buscam características únicas na bebida, como a apresentação dos grãos, sua procedência, disponibilidade e raridade, bem como o método de cultivo, entre outros aspectos (GUIMARÃES; CASTRO JUNIOR; ANDRADE, 2016; VOIGT-GAIR; MIGLIORANZA; FONSECA, 2013).

A categoria de café especial é classificada de acordo com a Metodologia de Avaliação Sensorial da SCAA (Specialty Coffee Association), usada e consagrada em todo o mundo, a qual diz que café especial é todo aquele que atinge, no mínimo, 80 pontos na escala de pontuação da metodologia, sendo avaliados os seguintes atributos: fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, nota global (LINGLE, 2011).

Diversos pesquisadores relatam que fatores como o ambiente de produção, o genótipo e os parâmetros de processamento afetam a qualidade física, química e sensorial do café (FIGUEIREDO et al., 2015; JOËT et al., 2010; RAMOS et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016;

TAVEIRA et al., 2014). Não existe um padrão para produção de um café especial, entretanto, a bebida deve ser equilibrada e processada de forma que preserve e acentue o máximo de características positivas que aquele grão pode oferecer (SILVA, 2023).

3.2. Relação genótipo e ambiente

A produção de cafés de alta qualidade sensorial está intimamente ligada a certos fatores ambientais, com destaque para aqueles que exercem maior influência sobre a composição química dos grãos não processados. Entre esses fatores, destacam-se a altitude e a inclinação da plantação de café, bem como variáveis climáticas como temperatura e níveis de precipitação (BARBOSA et al., 2012; JOËT et al., 2010).

Tradicionalmente, estudos que investigam os impactos do clima e do ambiente na qualidade do café destacam a influência significativa tanto da temperatura quanto da precipitação (AVELINO et al., 2005; JOËT et al., 2010). Temperaturas mais baixas desempenham um papel fundamental ao retardar o processo de maturação, resultando em um acúmulo ampliado de compostos químicos e bioquímicos que estão associados à melhoria do aroma do café (VAAST et al., 2006).

A correlação entre a maior altitude e a melhoria na qualidade do café, devido à redução das temperaturas, é amplamente reconhecida em todo o mundo e documentada em diversos países. No entanto, a literatura ainda apresenta resultados divergentes (AVELINO et al., 2005), e, apesar do conhecimento sobre o cultivo do café Arábica em altitudes mais elevadas ter um impacto positivo na qualidade do produto final, a disponibilidade de dados quantitativos que detalham a influência das condições climáticas na composição química da semente ou do grão ainda é limitada (JOËT et al., 2010).

Adicionalmente, a diversidade genética existente nas várias espécies de café leva à produção de bebidas com perfis sensoriais únicos. Uma das explicações para esse fato está relacionada às diferenças observadas na composição química dos grãos em função do material genético analisado (LEROY et al., 2006).

Na produção de café do Brasil, são empregadas diversas cultivares de *Coffea arabica*, desenvolvidas por institutos de pesquisa com o objetivo de produzir cafés de alta qualidade. Duas dessas cultivares notáveis são o Catuaí Vermelho IAC 144 e o Catuaí Amarelo IAC 62, que compartilham características semelhantes, como porte baixo, maturação de média a tardia, sementes de tamanho médio e classificação de peneira média 16. Ambas são suscetíveis à ferrugem, mas se destacam pela excelência na qualidade da bebida. Dentre elas, a cultivar

Catuai Amarelo IAC 62 é amplamente disseminada no Brasil e é reconhecida por produzir cafés de qualidade excepcional. Ela demonstra uma notável adaptabilidade, sendo cultivada em diversas regiões cafeeiras do país. Enquanto isso, o Catuai Vermelho IAC 144 é a cultivar de café arábica com a maior área plantada no Brasil, graças à sua notável versatilidade, longevidade na produção e resistência robusta (CARVALHO et al., 2007).

As influências do genótipo e do ambiente adquirem uma relevância ainda maior quando se considera o efeito do processamento do café, uma vez que o metabolismo dos grãos permanece ativo após a colheita. Consequentemente, a extensão de certas reações metabólicas no grão é determinada pelos estímulos resultantes do tipo de processamento adotado, incluindo a decisão de remover ou preservar as partes constituintes do fruto (BYTOF et al., 2007).

3.3. Processamento de café

O processamento do café é um dos elementos cruciais na determinação da composição química dos grãos crus, uma vez que desencadeia mudanças metabólicas nos grãos, as quais se manifestam em variações sensoriais (RIBEIRO et al., 2016). Portanto, essa etapa desempenha um papel fundamental na qualidade e na composição final da bebida de café.

Historicamente, o processamento do café se divide em dois métodos principais: o processamento via seca e o processamento via úmida. O café processado por via seca, é conhecido como "café natural", neste os componentes anatômicos do fruto permanecem intactos. O café processado por via úmida, que resulta em cafés descascados, despulpados e desmucilados. No caso dos cafés descascados, o exocarpo (casca) é removido mecanicamente, podendo também haver a retirada de partes do mesocarpo. Os cafés despulpados, por sua vez, passam por uma fermentação biológica após a retirada do exocarpo, removendo assim o mesocarpo (mucilagem), enquanto nos cafés desmucilados, tanto o exocarpo quanto o mesocarpo são removidos de forma mecânica (BORÉM, 2023).

Além dos processamentos tradicionais, atualmente a fermentação de café tomou notoriedade entre os produtores. Este processamento era visto como um processo prejudicial às características do café, devido à formação de bebidas com características fenólicas. Entretanto, após inúmeras análises e experimentos, observou-se que a degradação, provocada no fruto café por microrganismos, pode gerar compostos benéficos na qualidade final do café, desde que essa fermentação seja feita de maneira controlada pelos produtores (DORTA et al., 2020).

3.4. Fermentação de café

Conforme Jay (2005), a fermentação é um processo, no qual, transformações químicas são realizadas em um substrato orgânico pela ação de enzimas produzidas por microrganismos. Sendo um processo metabólico que ocorre na ausência (anaeróbico) de oxigênio, proveniente da transformação de um açúcar ou outra molécula orgânica complexa, em uma molécula mais simples, com liberação de produtos líquidos e gases (HAILE & KANG, 2019).

No contexto do café, os açúcares presentes na mucilagem do fruto desempenham um papel crucial como substrato para a atividade de microrganismos, particularmente leveduras e bactérias do ácido láctico (EVANGELISTA et al., 2014). A polpa do grão de café, composta principalmente por água, açúcares, proteínas, lipídios, íons inorgânicos e ácidos, constitui um ambiente altamente propício para o processo de fermentação, sendo caracterizada por uma camada viscosa de mucilagem, cuja espessura média varia de 0,5 a 2 mm (AVALLONE et al., 2000; BRESSANI, 2009).

A fermentação do café é uma etapa que se inicia logo após a colheita e pode ser conduzida em diversos tipos de sistemas. No processo de fermentação com substrato sólido, empregado para o café natural, assim como no processo com substrato semissólido, utilizado para o café descascado, não há necessidade de adição de água. Por outro lado, nas fermentações submersas, é comum adicionar até 30% do volume total de café em água. Estes sistemas podem variar entre abertos e fechados, sendo conduzidos de forma estática ou com agitação, conforme descrito por Borém (2023).

Na fermentação semissólida, emprega-se o fruto do café após a remoção do exocarpo e parte do mesocarpo, deixando o mesocarpo remanescente, conhecido como mucilagem. Esta mucilagem permanece aderida ao pergaminho e é decomposta durante o processo de fermentação. Já na fermentação líquida, o café cereja descascado é colocado em um recipiente de fermentação com imersão em água, onde a ação microbiana desencadeia a decomposição da mucilagem (BRANDO & BRANDO, 2014).

Quando realizado de maneira adequada, a fermentação do café descascado assegura a preservação prolongada das características intrínsecas dos grãos de café, resultando na obtenção de um café uniforme com uma quantidade mínima de grãos defeituosos. Consequentemente, o café produzido por este método geralmente é reconhecido por sua alta qualidade e é valorizado com preços mais elevados no mercado global (LIN, 2010).

O processo de fermentação é rigorosamente monitorado, o que envolve o acompanhamento de diversos parâmetros, incluindo temperatura, pH, °Brix, concentração de

carboidratos e etanol, bem como os níveis de oxigênio e CO₂ no ambiente de fermentação. Isso se deve ao fato de que esses fatores exercem influência direta sobre as respostas bioquímicas específicas das leveduras (SILVA, 2019). Além disso, é altamente desejável obter um conhecimento preciso e manter o controle sobre a composição do mosto de fermentação, a fim de garantir uma maior consistência e repetibilidade nos resultados obtidos durante o processo de fermentação do café.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do experimento

Este projeto foi realizado no Centro de Pesquisa em Processamento de Produtos Agrícolas (CPPPA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras. Os frutos foram colhidos na Fazenda da Pedra, localizada no município de Cristina, região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais. Foram colhidos manualmente frutos de café arábica da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, produzidos a 1240 m, e frutos de café arábica da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, produzidos a 980 m de altitude. Após a colheita e abanação manual, os frutos foram levados à unidade de processamento da fazenda para separação por densidade e descascamento mecânico. O café cereja descascado foi submetido à três métodos de fermentação: fermentação semissólida (72h), fermentação líquida (72h) e dupla fermentação (fermentação semissólida por 72h, e posterior fermentação líquida por 24h). Após a fermentação o café foi submetido à secagem, descanso, beneficiamento e análises físicas e sensorial.

Na Figura 1 está apresentado o desenho esquemático experimental.

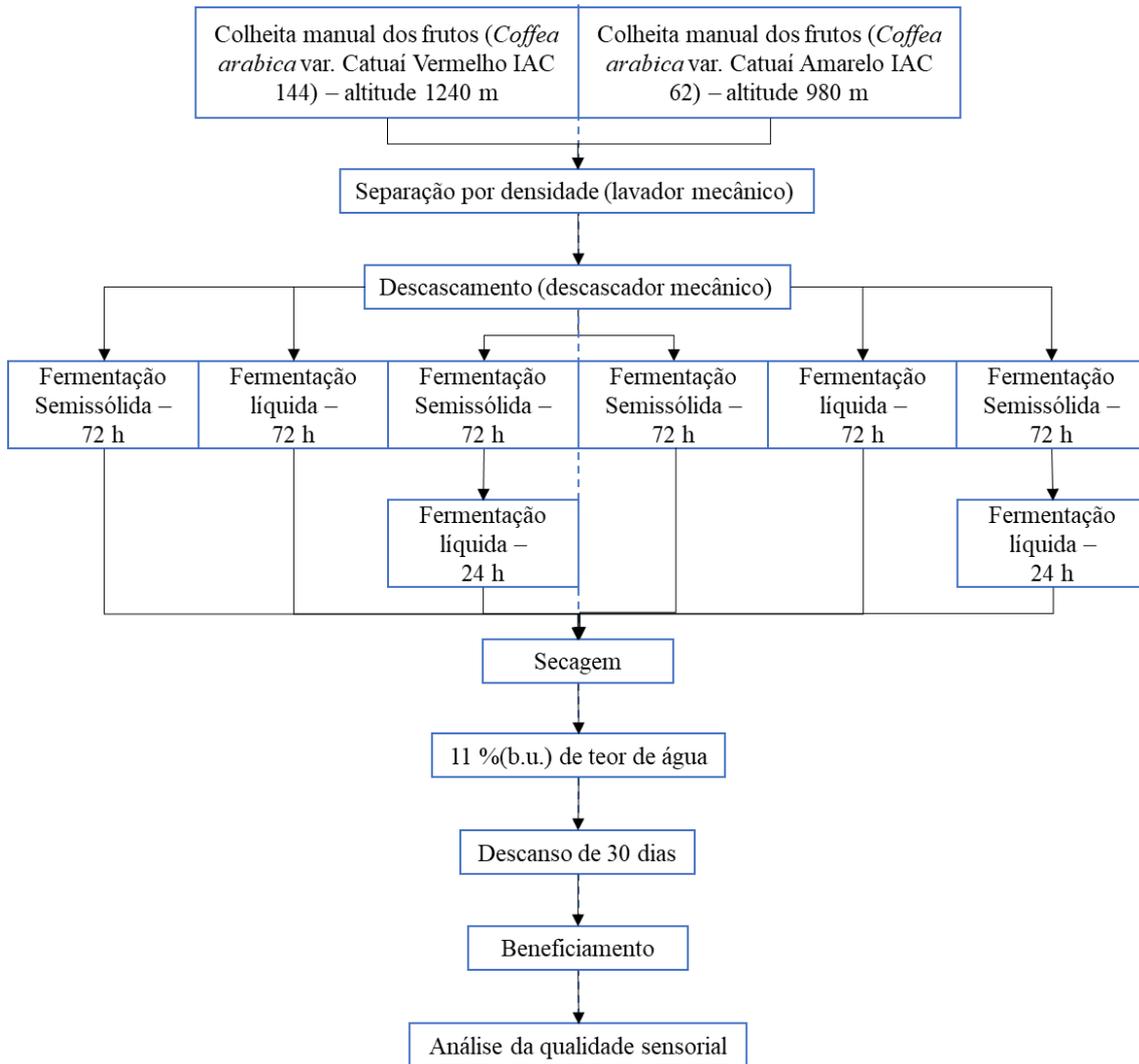


Figura 1. Representação esquemática do desenho experimental.

Total de tratamentos: 2 altitudes/cultivares x 3 métodos de fermentação x 3 repetições = 18 tratamentos.

4.2. Fermentação

O café cereja descascado foi submetido à três métodos de fermentação: fermentação semissólida, fermentação líquida e dupla fermentação. Para fermentação semissólida, 20 litros de café cereja descascado foram acondicionados em embalagem hermética por 72h de fermentação. Para fermentação líquida, 20 litros de café cereja descascado juntamente com 2 litros de água foram acondicionados em embalagem hermética por 72h de fermentação. Na dupla fermentação, o café foi submetido a 72h de fermentação semissólida seguida de 24h de fermentação líquida. Assim, 20 litros de café cereja descascado foram acondicionados em embalagem hermética por 72h de fermentação (fermentação semissólida) e, na sequência, foram adicionados 2 litros de água, e o café permaneceu em fermentação líquida por 24h.

Todos os tratamentos de fermentação ocorreram em embalagens impermeáveis (alta barreira a gases, vapor d'água e luz). Na abertura da embalagem foi acondicionado um Airlok (para reduzir o acúmulo de CO₂) fechado com abraçadeira de nylon para total vedação. Além disso, as embalagens foram cobertas com pano para promover maior retenção o calor da fermentação, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2. Fermentação das amostras de café descascado.

No início e a cada intervalo de 12 h de fermentação, as embalagens foram abertas para medição da temperatura e °brix da massa de café fermentado. A temperatura foi determinada por termômetro infravermelho, marca CE, modelo GM 400, em 5 repetições. O °brix foi determinado por refratômetro manual Biosystems, com a utilização da mucilagem do café fermentado, realizadas três repetições. Após este procedimento, as embalagens eram vedadas novamente.

4.3. Secagem

Após o processo de fermentação, o café foi seco em secador mecânico de camada fixa com temperatura de 40°C com fluxo de ar de 20 m.s⁻¹.m², até atingir aproximadamente 11 %(b.u.) de teor de água.

4.4. Descanso

Imediatamente após a secagem, as amostras foram acondicionadas em embalagens permeáveis (dupla camada de papel e uma camada de plástico), em temperatura ambiente, pelo período de 30 dias.

4.5. Beneficiamento

O café em pergaminho, após o descanso, foi beneficiado em descascador de café mecânico, marca Carmomaq, modelo CD1.

4.6. Análise de qualidade do café

Previamente às análises de qualidade, as amostras foram preparadas para padronização da forma, tamanho e qualidade dos grãos. As amostras foram peneiradas em conjunto de peneiras 19 (crivo circular), 11 (crivo oblongo), 16 (crivo circular) e fundo. Os grãos retidos na peneira 16 foram selecionados para retirada de grãos defeituosos (brocados, conchas e verdes). Então as amostras foram embaladas a vácuo e armazenadas em congelador a -20°C até a realização da análise sensorial.

4.6.1. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por 5 Juízes Certificados pela Associação de Cafés Especiais (SCA) com a utilização do protocolo formalizado pela mesma associação, de acordo com a metodologia proposta por Lingle (2011), com adaptações.

Foi realizada a preparação das amostras com base no protocolo da SCA, com torra moderadamente leve de grãos de café peneira 16 e acima sem defeitos, monitorando-se a temperatura para que o tempo de torração de 8 a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência de 24 horas antes da degustação com descanso mínimo de 8 horas.

O formulário de degustação utilizado consta de uma lista pré-definida de características sensoriais para aroma, sabor, acidez e corpo, aplicando a técnica *Check All That Apply* (CATA). O provador escolheu pelo menos um descritor para cada atributo que melhor representou a percepção do café avaliado, podendo também, o provador, incluir outros descritores. De forma complementar, foi apresentada uma escala de intensidade não paramétrica, com variação entre

0 e 10, para os atributos doçura, acidez, corpo, adstringência, amargor e finalização. Esses descritores sensoriais foram determinados por um painel de provadores em uma sessão de desenvolvimento de terminologia descritiva. A nota global, que representa o café com um todo, foi avaliada em uma escala de 0 a 100.

4.7. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com um fator. Os blocos são as cultivares/altitudes de produção (Catuaí Vermelho a 1240 m, Catuaí Amarelo a 980 m) e o fator de variação é o método de fermentação (semissólido, líquido e dupla fermentação) com 3 repetições.

Foi utilizada a análise de variância para temperatura e °Brix da fermentação, quando o tempo de fermentação e a interação entre método x tempo de fermentação apresentaram diferença significativa foi utilizada a análise de regressão. As análises de variância, regressão e teste de médias foram efetuadas utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Da análise sensorial, serão realizadas duas análises de dados. Para os dados de aroma, sabor, tipo de acidez e tipo de corpo serão submetidos à análise múltipla de fatores (MFA), conforme descrito por Salvio et al. (2023) com o auxílio do software estatístico R (R CORE TEAM, 2020). Enquanto, os resultados de intensidade dos atributos e nota sensorial serão submetidos à análise de componentes principais (PCA) com pré-tratamento dos dados de centralização na média, utilizando-se o programa Chemoface versão 1.4 (NUNES et al., 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Acompanhamento da fermentação

Os resultados de temperatura média e brix médio determinados ao longo do processo de fermentação semissólida, líquida e dupla (semissólida + líquida) dos cafés provenientes de diferentes altitudes e cultivares estão apresentados na Tabela 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Temperatura média do café cereja descascado submetido a diferentes métodos de fermentação.

Cultivar - Altitude	Método de fermentação	Tempo de fermentação (h)								
		0	12	24	36	48	60	72	84	96
Catuaí vermelho – 1240 m	SS	24.0	20.0	20.7	22.3	22.8	20.8	19.3	-	-
	LQ	23.0	20.0	20.7	21.8	22.5	20.7	19.9	-	-
	DP	24.0	20.0	20.3	22.3	22.5	21.1	19.8	19.9	21.0
Catuaí amarelo – 980 m	SS	24.0	20.0	20.6	22.8	22.7	20.9	19.4	-	-
	LQ	23.0	20.0	20.8	21.8	22.5	21.1	19.9	-	-
	DP	24.0	20.0	20.1	22.3	22.1	21.8	19.9	19.9	21.1

Tabela 2. °Brix médio do café cereja descascado submetido a diferentes métodos de fermentação.

Cultivar - Altitude	Método de fermentação	Tempo de fermentação (h)								
		0	12	24	36	48	60	72	84	96
Catuaí vermelho – 1240 m	SS	11.0	10.0	10.3	9.3	8.8	8.8	8.3	-	-
	LQ	7.0	7.0	6.8	5.0	4.8	4.8	4.7	-	-
	DP	11.0	11.0	10.3	9.2	8.7	8.7	8.3	2.0	0.8
Catuaí amarelo – 980 m	SS	11.0	10.0	9.3	8.7	7.7	7.5	7.2	-	-
	LQ	6.0	6.0	5.3	4.5	4.2	4.0	4.0	-	-
	DP	11.0	10.0	9.0	7.7	7.2	7.2	6.7	3.0	0.5

A temperatura da fermentação apresentou oscilações ao longo do tempo devido à influência da temperatura ambiente e do processo fermentativo, apresentando mínima de 19,3 °C e máxima de 22,8 °C. Segundo Evangelista et al. (2014), o controle da temperatura é essencial na fermentação de café, pois um aumento excessivo de temperatura acompanhado do odor de ácido acético indica a entrada de oxigênio no sistema, e a produção excessiva desse ácido não é desejável no café.

Enquanto a concentração de sólidos solúveis (°brix) da fermentação, reduziu com o tempo. Durante a fermentação, ocorrem diferentes processos bioquímicos nos quais as enzimas produzidas pelas leveduras e bactérias presentes na mucilagem fermentam e degradam

açúcares, lipídios, proteínas e ácidos, e os convertem em álcoois, ácidos, ésteres e cetonas (RODRIGUES et al., 2017). A quebra das moléculas de açúcar e produção de metabólitos torna o processo exotérmico, que promove o aquecimento da massa e redução do °brix.

As análises de variância realizadas para os dados de temperatura e °brix da fermentação apresentaram diferença significativa para a interação entre tratamentos e o tempo de fermentação (ANEXO). Assim, foi realizada a elaboração dos gráficos a seguir com as curvas de regressão. Na Figura 3 são apresentados os dados de temperatura e °brix para fermentação do Catuaí Vermelho produzido a 1240 m, e na Figura 4, para fermentação do Catuaí Amarelo produzido a 980 m.

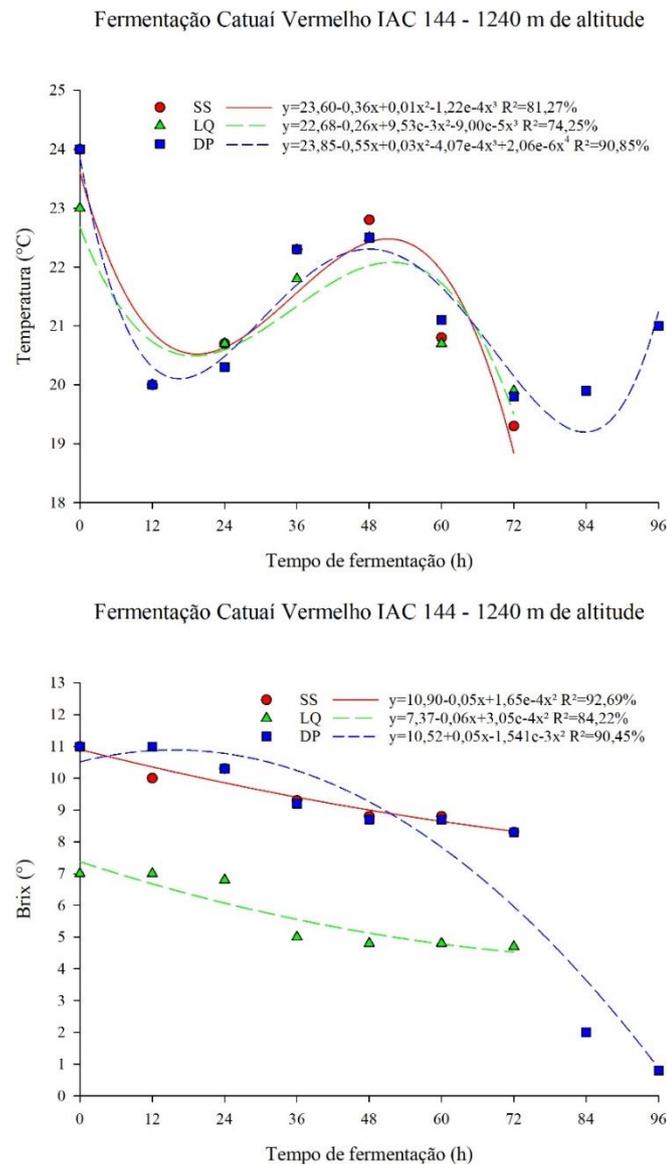


Figura 3. Curvas de regressão da temperatura média (a) e °brix médio (b) da fermentação do café descascado Catuaí Vermelho produzido a 1240 m de altitude.

Legenda: SS – fermentação semissólida; LQ – fermentação líquida; DP – dupla fermentação.

Os tratamentos estudados para fermentação e café cereja descascado Catuaí Vermelho produzidos a 1240 m, apresentaram comportamento semelhante ao longo da fermentação. Houve redução da temperatura nas primeiras 12 h de fermentação, então uma elevação da temperatura até 48 h e um novo decréscimo. Para a fermentação dupla, até 84h de fermentação, a temperatura da massa de café comportou-se como descrito, entretanto, após 84 h de fermentação foi observado um novo acréscimo da temperatura.

Durante a fermentação com microrganismos, ocorre um processo de liberação de energia na forma de calor, o que promove o aquecimento da massa de grãos. A redução desta temperatura pode representar diminuição da atividade dos microrganismos. Para a fermentação dupla, com a adição da água após 72 h de fermentação semissólida, ocorreu a modificação no meio, ativando novos microrganismos que promoveram o consumo de açúcar e elevação da temperatura até 96 h.

O °brix apresentou influência de acordo com o método de fermentação. A fermentação semissólida e dupla apresentaram concentração inicial de sólidos solúveis maior que a fermentação líquida. Ao adicionar água na fermentação líquida, os sólidos solúveis da mucilagem diluíram, reduzindo sua concentração. Entretanto, o comportamento da concentração de açúcares do mosto ao longo da fermentação foi similar para todos os métodos estudados. Houve redução no °brix até 48h de fermentação, e a partir deste período, a concentração de sólidos solúveis apresentou uma estabilização, indicando redução do processo fermentativo. Após a finalização da primeira etapa da fermentação dupla (em 72h de fermentação), a adição de água reduziu drasticamente a o °brix, atingindo nível próximo a zero com 96h de fermentação.

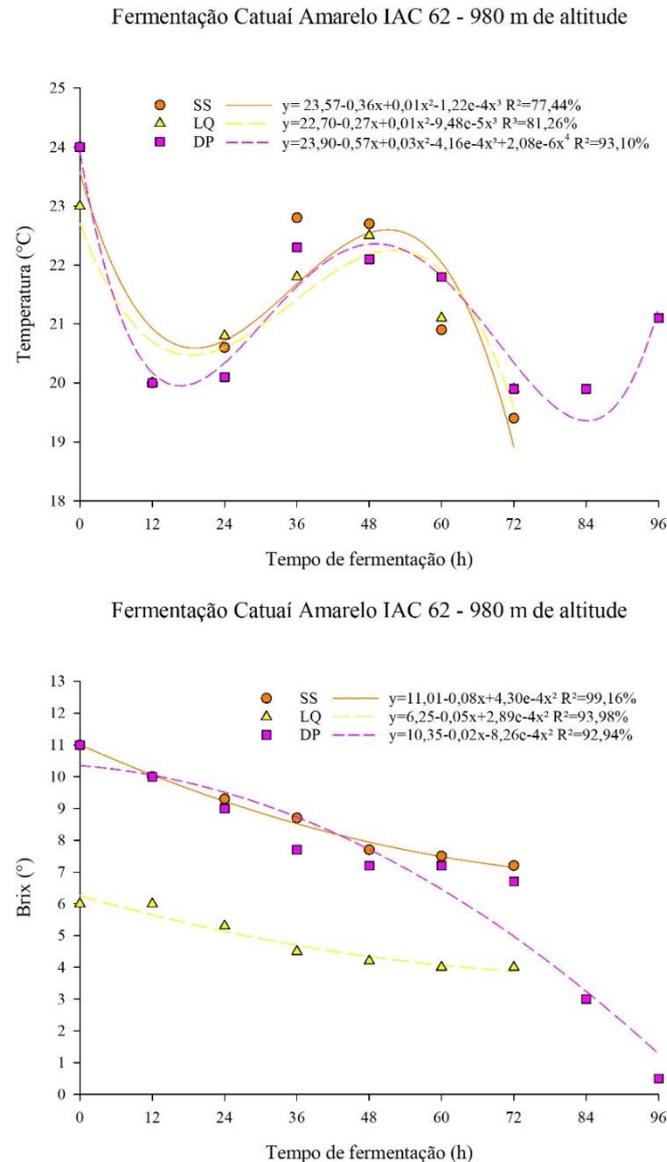


Figura 4. Curvas de regressão da temperatura média (a) e °brix médio (b) da fermentação do café descascado Catuaí Amarelo produzido a 980 m de altitude.

Legenda: SS – fermentação semissólida; LQ – fermentação líquida; DP – dupla fermentação.

A temperatura de fermentação para o café Catuaí Amarelo produzido a 920 m apresentou comportamento distinto, devido ao método de fermentação empregado ao café descascado. Após a redução da temperatura nas primeiras 12h de fermentação, o pico de temperatura ocorreu às 36 h de fermentação para fermentação semissólida e dupla, enquanto, para fermentação líquida o pico ocorreu às 48h de fermentação. Após isso, a redução da temperatura ocorreu para os três métodos de fermentação, havendo a elevação da temperatura na fermentação dupla às 96h de fermentação.

O declínio do °brix ao longo dos três métodos de fermentação estudados para o café descascado Catuaí Amarelo a 920 m, apresentaram comportamento similar aos cafés da cultivar vermelha produzidos a 1240 m.

5.2. Qualidade sensorial do café fermentado

Os resultados médios da análise sensorial dos cafés descascados fermentados, estão apresentados na Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Resultados médios da nota sensorial e intensidade dos atributos para os cafés descascados fermentados de Catuaí vermelho produzidos a 1240 m.

Cultivar - Altitude	Método de fermentação	Nota	Doçura	Acidez	Corpo	Adstringência	Amargor	Finalização
Catuaí vermelho – 1240 m	Semissólida	82.57 ^a	5.13 ^a	5.13 ^a	6.27 ^a	0.75 ^a	2.08 ^a	5.13 ^a
	Líquida	82.58 ^a	5.47 ^a	5.20 ^a	5.67 ^a	0.75 ^a	1.92 ^a	4.87 ^a
	Dupla fermentação	82.65 ^a	5.47 ^a	5.47 ^a	5.67 ^a	1.15 ^a	2.08 ^a	5.40 ^a

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

Tabela 4. Resultados médios da nota sensorial e intensidade dos atributos para os cafés descascados fermentados de Catuaí amarelo produzidos a 980 m

Cultivar - Altitude	Método de fermentação	Nota	Doçura	Acidez	Corpo	Adstringência	Amargor	Finalização
Catuaí amarelo – 980 m	Semissólida	83.18 ^a	5.80 ^a	5.73 ^a	6.33 ^a	0.33 ^a	1.33 ^a	5.93 ^a
	Líquida	82.86 ^a	5.60 ^a	5.20 ^a	5.87 ^a	0.83 ^a	1.64 ^a	5.60 ^a
	Dupla fermentação	83.16 ^a	5.80 ^a	5.40 ^a	6.20 ^a	0.33 ^a	0.92 ^a	5.47 ^a

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

Observa-se que não houve diferença significativa para nota sensorial e intensidade dos atributos (doçura, acidez, corpo, adstringência, amargor e finalização) para os métodos de fermentação estudados para as cultivares de Catuaí vermelho produzida em 1240 metros e Catuaí amarelo a 980 metros de altitude (ANEXO).

Para melhor visualização dos resultados, foi elaborado o PCA (Análise de Componentes Principais) apresentado na Figura 5.

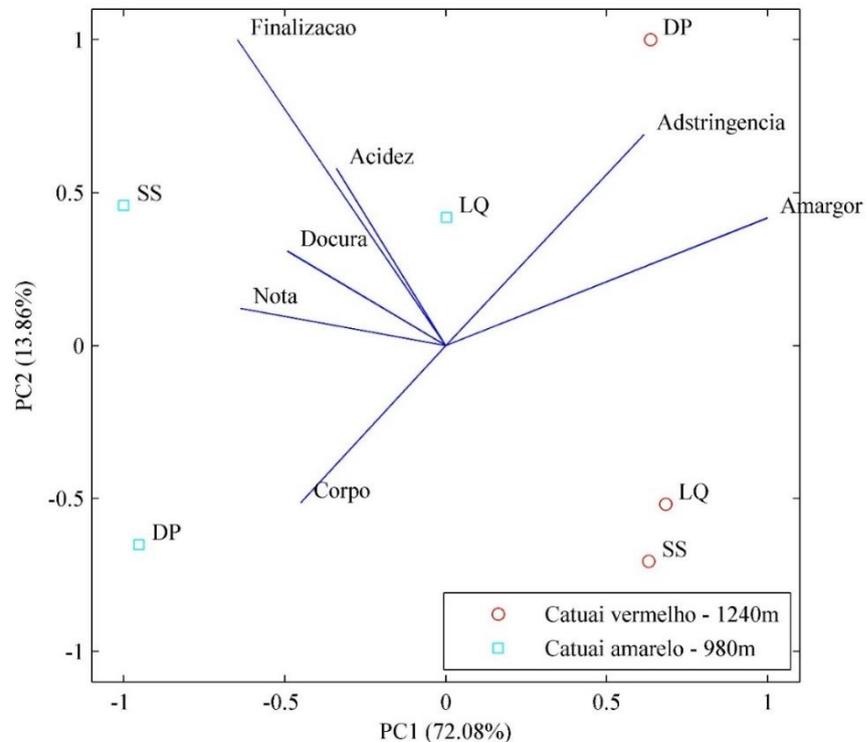


Figura 5. Análise de componentes principais (PCA) da intensidade dos atributos e nota sensorial.

Legenda: SS – fermentação semissólida; LQ – fermentação líquida; DP – dupla fermentação.

Nota-se que houve a separação de acordo com a altitude/cultivar das amostras. As amostras de Catuai Amarelo IAC 62 produzidas a 920 m de altitude estão direcionadas para a região negativa do eixo das abscissas. As amostras de café fermentado de Catuai Vermelho IAC 144 produzidas a 1240 m de altitude estão direcionadas para a região positiva do mesmo eixo.

Para o Catuai Vermelho a 1240 m a fermentação semissólida seguida de fermentação líquida (dupla fermentação), para o café descascado, apresentou maiores intensidades de adstringência e amargor na bebida, enquanto os outros métodos de fermentação estudados apresentaram elevada intensidade de corpo.

A fermentação semissólida, para a amostra de Catuai Amarelo a 980 m, intensificou os atributos sensoriais desejáveis para a bebida de café especial, como doçura, acidez e finalização intensas. Para esta cultivar e altitude, a dupla fermentação elevou a intensidade de corpo e a fermentação líquida do café descascado reduziu a percepção de corpo com o aumento da adstringência.

Os descritores de aroma foram analisados por meio da Análise Múltipla de Fatores apresentada na Figura 6.

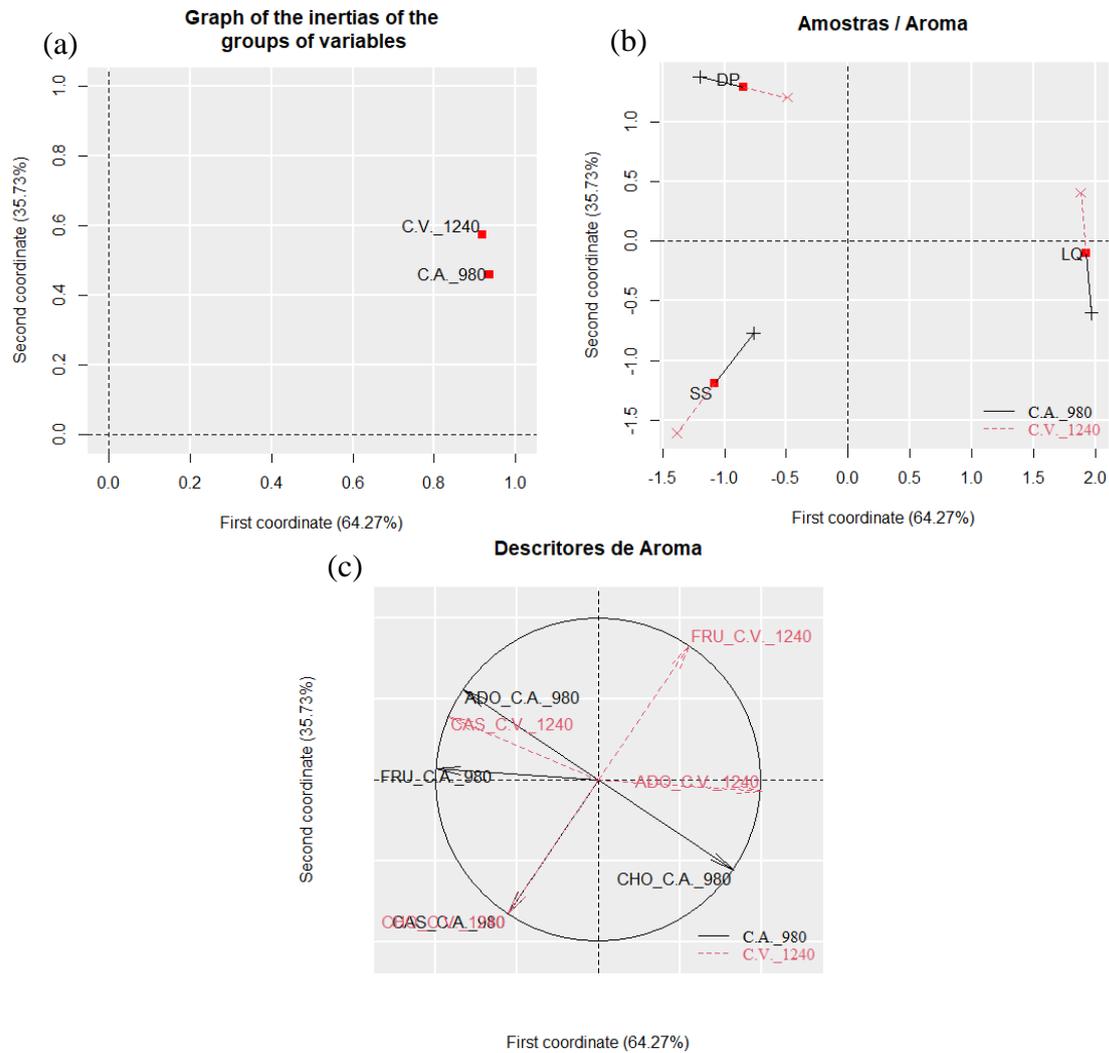


Figura 6. Análise Múltipla de Fatores (MFA) para os descritores de aroma.

Legenda: C.V._1240 – amostras de Catuaí Vermelho IAC 144 produzidas a 1240 m; C.A._980 – amostras de Catuaí Amarelo IAC 62 produzidas a 980 m; SS – fermentação semissólida; LQ – fermentação líquida; DP – dupla fermentação; FRU – frutado; ADO – adocicado; CHO – chocolate; CAS – castanhas.

Os descritores de aroma apresentaram similaridade de acordo com a condição de altitude e cultivar, como é observado na Figura 6 (a), devido à proximidade dos centroides de cada bloco. Porém, houve diferença para os descritores de aroma devido ao método de fermentação utilizado para o café cereja descascado, pois cada tratamento encontra-se em um quadrante na Figura 6 (b).

Através da posição dos centroides e do direcionamento dos vetores de cada bloco da Figura 6 (b), juntamente com os vetores de descritores de aroma apresentados na Figura 6 (c), é possível obter os descritores para cada tratamento estudado. Conforme a Análise Múltipla de

Fatores (MFA), os cafés deste experimento apresentaram descrições de aroma de frutado, adocicado, castanha e chocolate. Os cafés cereja descascado de Catuaí Amarelo produzidos a 980 m com fermentação semissólida apresentaram aroma de castanha; com fermentação líquida, aroma de chocolate; enquanto a dupla fermentação promoveu aroma frutado e adocicado. Ao passo que a cultivar vermelha produzida a 1240 m apresentou aroma de chocolate para fermentação semissólida, aroma frutado para a fermentação líquida de cereja descascado, e aroma de castanha para a dupla fermentação.

Os descritores de sabor foram analisados por meio da Análise Múltipla de Fatores apresentada na Figura 7.

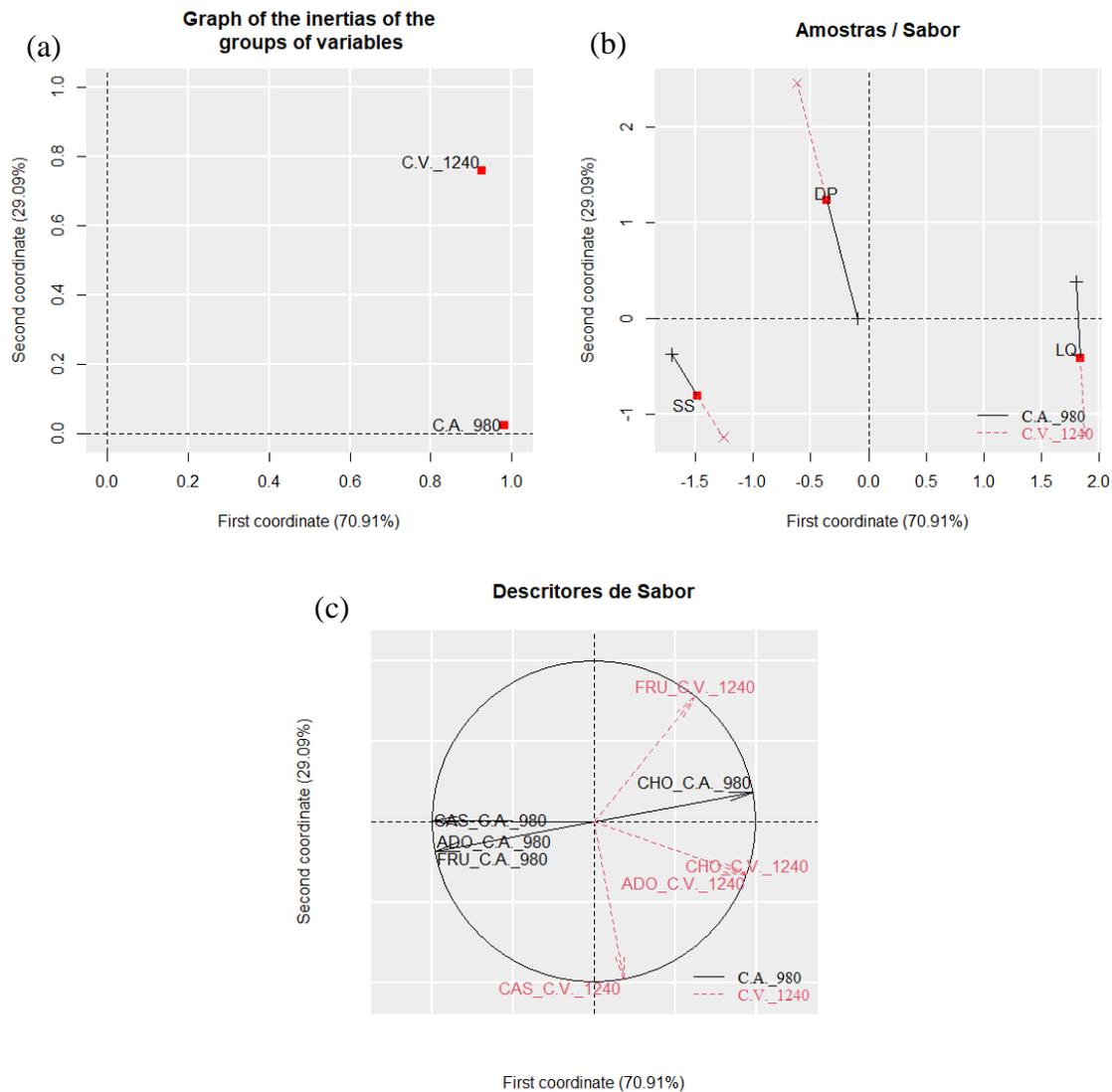


Figura 7. Análise Múltipla de Fatores (MFA) para os descritores de sabor.

Legenda: C.V._1240 – amostras de Catuaí Vermelho IAC 144 produzidas a 1240 m; C.A._980 – amostras de Catuaí Amarelo IAC 62 produzidas a 980 m; SS – fermentação semissólida; LQ – fermentação líquida; DP – dupla fermentação; FRU – frutado; ADO – adocicado; CHO – chocolate; CAS – castanhas.

Diferentemente do aroma, os descritores de sabor foram diferenciados de acordo com a condição de altitude e cultivar, como mostra a Figura 7 (a), em razão do distanciamento entre os centroides de cada bloco. Além disso, houve diferença para os descritores de aroma devido ao método de fermentação utilizado, visto que cada tratamento apresenta-se em um quadrante na Figura 7 (b).

Conforme as informações obtidas (Figura 7 (b) e (c)), os cafés cereja descascado de Catuaí Amarelo produzidos a 980 m com fermentação semissólida apresentaram sabor adocicado e frutado; com fermentação líquida, sabor de chocolate; enquanto a dupla fermentação promoveu sabor de castanhas. O café fermentado de Catuaí Vermelho produzida a 1240 m apresentou descritores de sabor apenas para fermentação líquida por 72h, com notas adocicadas, de castanha e chocolate.

Para realizar a análise múltipla de fatores (MFA), são considerados os descritores com frequência superior a 20%. Para os atributos de acidez e corpo, apenas um descritor apresentou este parâmetro. Dessa forma, todas os tratamentos estudados foram caracterizados com acidez cítrica e corpo cremoso.

Salvio et al., (2023) obtiveram para fermentação de café natural por 48 h seguido de descascamento, bebida com aroma e sabor adocicado, com notas de castanhas e chocolate, com acidez média, predominantemente cítrica e corpo médio. Segundo Hoffmann (2018), esse perfil reflete características muito comuns dos cafés brasileiros.

6. CONCLUSÕES

- A adição de água para fermentação diminui o °brix do mosto.
- Os métodos de fermentação semissólida e líquida promovem redução do brix somente até 48 h de fermentação.
- A variação da temperatura para fermentação semissólida, líquida e dupla fermentação depende da cultivar e altitude de produção do café.
- Para Catuaí Amarelo, produzido a 920 m de altitude, o melhor método de fermentação é a semissólida, pois promove notas frutadas, adocicadas e de castanhas, com elevada doçura, acidez cítrica e boa finalização.
- Para o Catuaí Vermelho, produzido a 1240 m de altitude, os métodos de fermentação semissólida e líquida elevam o corpo da bebida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANTES, L. M. Mapeamento de qualidade do café arábica: estudo na fazenda chalet da lagoa, Patrocínio MG. 2018. 27 p. **Trabalho de conclusão de curso** (Faculdade de Agronomia) - Centro Universitário do Cerrado Patrocínio, Patrocínio, MG. 2018.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, May 2005.
- AVALLONE, S.; GUIRAUD, J. P.; GUYOT, B.; OLGUIN, E.; BRILLOUET J. M. Polysaccharide constituents of coffee-bean mucilage. **Journal of Food Science**. v. 65, p. 1308-1311, 2000.
- BARBOSA, J. N.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M.; ALVARENGA, A.; ALVES, H. M. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of agricultural science**, Toronto, v. 4, n. 5, p. 181-190, Apr. 2012.
- BORÉM, F. M. Processamento do café. In.: BORÉM, F. M. **Tecnologia pós-colheita e qualidade de cafés especiais**. Editora UFLA, 2023, cap. 3, p. 63 – 109.
- BRANDO, C. H. J.; BRANDO, M. F. P. Methods of coffee fermentation and drying. In: SCHWAN, R. F.; FLEETS, G. H. (Ed.). **Cocoa and Coffee Fermentations**. New York: CRC Press, 2014, p. 367-396.
- BRESSANI, E. **Guia do barista - da origem do café ao espresso perfeito**. 2 ed. São Paulo: Café Editora, 2009. 68 p.
- BYTOF, G.; KNOPP, S. E.; KRAMER, D. BREITENSTEIN, B.; BERGERVOER, J. H. W.; GROOT, S. P. C.; SELMAR, D. Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, v. 100, n. 1, p. 61–66, 2007. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm068>.
- CARVALHO, C. H. S. (2007). Cultivares de café, Brasília: EMBRAPA. Recuperado em 3 de março de 2022, de http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cultivares.pdf
- DORTA, C.; PARDO, R. B.; OTOBONI, A. M. M. B.; JORGE, P. S.; TANAKA, A. Y.; FISCHER, H.; MARTINS, A. N.; Fermentação de café via úmida com adição de culturas iniciadoras e a inclusão de características sensoriais na bebida. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. v. 4, n. 1, p. 579-589 jan./mar. 2021
- EVANGELISTA, S. R.; MIGUEL, M. G. da C. P.; CORDEIRO, C. de S.; SILVA, C. F.; PINHEIRO, A. C. M.; SCHWAN, R. F. Inoculação of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. **Food Microbiology**, v. 44, p. 87-95, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.05.013>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- FIGUEIREDO, L. P.; BORÉM, F. M.; RIBEIRO, F. C.; GIOMO, G. S.; TAVEIRA, J. H. S.; MALTA, M. R. Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in

different Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 10, n. 35, p. 3484-3493, Aug. 2015.

GUIMARÃES, E. R.; CASTRO JUNIOR, L. G.; ANDRADE, H. C. C. DE. A terceira onda do café em minas gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 214–227, 2016.

HAILE, M.; KANG, W. H. The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. **Journal of Food Quality**, Hindwai. p. 6, mar./2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>.

HOFFMANN, J. **The world atlas of coffee**: From beans to brewing-coffees explored, explained and enjoyed. Richmond Hill, Canada: Firefly Books, 2018. 256p

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005. 711 p.

JOËT, L.A.; DESCROIX, F.; DOULBEAU, S.; BERTRAND, B.; DUSSERT, S. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, v. 118, i. 9, p. 693–701, feb./2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>.

LEROY, T.; RIBEYERE, F; BERTRAND, B.; CHARMETANT, P.; DUFOUR, M.; MONTAGNON, C.; MARRACCINI, P.; POT, D. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. Piracicaba, v. 18, p. 229-242, jan-mar. 2006.

LIN, C. C. Approach of Improving Coffee Industry in Taiwan-Promote Quality of Coffee Bean by Fermentation. **The Journal of International Management Studies**, v. 5, n. 1, April 2010.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of Coffee's Flavor. Amsterdam: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

NASCIMENTO, G. S. M.; CASTRO, A. M. V.; QUEIROZ, A. L. M.; ARAÚJO, E. L. B.; JESUS, I. A.; VASCONCELOS, M. A. A.; CABRAL, T. M. A.; NASCIMENTO, G. G. Qualidade microbiológica de 10 amostras de café produzido numa indústria de João Pessoa - PB. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO A DOCÊNCIA - UFPB – PRG, 5., 2007, João Pessoa. **Projeto de iniciação à docência**. João Pessoa, 2007.

NUNES, C. A.; FREITAS, M. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, n. 11, p. 2003-2010, nov. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532012005000073>.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. <http://www.r-project.org/index.htm>.

RAMOS, M. F.; RIBEIRO, D. E.; CIRILLO, M. A.; BORÉM, F. M. Discrimination of the sensory quality of the *Coffea arabica* L. (cv. Yellow Bourbon) produced in different altitudes using decision trees obtained by the CHAID method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 96, n. 10, p. 3543-3551, Aug. 2016.

RIBEIRO, D. E.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; PRADO, M. V. B.; FERRAZ, V. P.; ALVES, H. M. R.; TAVEIRA, J. H. S. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 11, n. 27, p. 2412-2422, July 2016.

RODRIGUES, G. Z.; PETRIM, I. C.; CARVALHO, J. W. M.; PEREIRA, M. G.; FLAUSINO, S.; REIS, A. M.; CUNHA, L. T.; ALMEIDA, G. R. R. Avaliação do processo de fermentação controlada do café em diferentes condições de tempo, temperatura e umidade. **3º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**. 2017.

SALVIO, L. G. A.; CIRILLO, M. Ângelo; BORÉM, F. M.; ALVES, A. P. de C.; PALUMBO, J. M. C.; SANTOS, C. M. dos; HAEBERLIN, L.; SCHWAN, R. F.; NAKAJIMA, M.; SUGINO, R. Fermented natural coffee followed by pulping: Analysis of the initial sensory quality and after six months of storage. **Coffee Science**. v. 18, p. e182120, 2023. <https://doi.org/10.25186/v18i.2120>

SILVA, B. C. A. Desenvolvimento de embalagem antioxidante e antimicro-biana a base de quitosana para armazenamento de cafés especiais. 2023. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 67 p., 2023.

SILVA, C. H. P. M. **Microbiologia da cerveja**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019. 371 p.

VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 86, n. 1, p. 197-204, Oct. 2006.

TAVEIRA, J. H. S.; BORÉM, F. M.; FIGUEIREDO, L. P.; REIS, N.; FRANÇA, A. S.; HARDING, S. A.; TSAI, C. J. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. **Food Research International**, v. 61, p. 75–82, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>

VOIGT-GAIR, L.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, I. C. DE B. A dinâmica do concurso “café Qualidade Paraná” na produção de cafés especiais. **Semina : Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3173–3180, 2013.

WINTGENS, J. N. **Coffee: growing, processing, sustainable production**. Wiley: VCH, 2004. p. 605-714.

ANEXO

Variável analisada: **TEMPERATURA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	1.350559	0.675280	6.318	0.0026
BLOCO	1	0.110217	0.110217	1.031	0.3122
TEMPO	8	242.669130	30.333641	283.792	0.0000
TRATAMENTO*TEMPO	12	8.319441	0.693287	6.486	0.0000
BLOCO*TEMPO	8	0.904783	0.113098	1.058	0.3981
erro	106	11.330000	0.106887		
Total corrigido	137	264.684130			
CV (%) =	1.53				
Média geral:	21.3065217	Número de observações:	138		

Variável analisada: **BRIX**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	310.995054	155.497527	690.778	0.0000
BLOCO	1	24.376812	24.376812	108.291	0.0000
TEMPO	8	586.218599	73.277325	325.525	0.0000
TRATAMENTO*TEMPO	12	92.532724	7.711060	34.255	0.0000
BLOCO*TEMPO	8	9.095411	1.136926	5.051	0.0000
erro	106	23.861111	0.225105		
Total corrigido	137	1047.079710			
CV (%) =	6.53				
Média geral:	7.2681159	Número de observações:	138		

Variável analisada: **NOTA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.126078	0.063039	0.175	0.8412
BLOCO	1	0.975339	0.975339	2.715	0.1253
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.085478	0.042739	0.119	0.8889
erro	12	4.311333	0.359278		
Total corrigido	17	5.498228			
CV (%) =	0.72				
Média geral:	82.8338889	Número de observações:	18		

Variável analisada: **DOCURA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.084444	0.042222	0.111	0.8957
BLOCO	1	0.642222	0.642222	1.690	0.2180
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.217778	0.108889	0.287	0.7558
erro	12	4.560000	0.380000		
Total corrigido	17	5.504444			
CV (%) =	11.12				
Média geral:	5.544444	Número de observações:		18	

Variável analisada: **ACIDEZ**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.217778	0.108889	0.628	0.5502
BLOCO	1	0.142222	0.142222	0.821	0.3829
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.404444	0.202222	1.167	0.3444
erro	12	2.080000	0.173333		
Total corrigido	17	2.844444			
CV (%) =	7.77				
Média geral:	5.355556	Número de observações:		18	

Variável analisada: **CORPO**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.893333	0.446667	1.020	0.3897
BLOCO	1	0.320000	0.320000	0.731	0.4093
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.173333	0.086667	0.198	0.8230
erro	12	5.253333	0.437778		
Total corrigido	17	6.640000			
CV (%) =	11.03				
Média geral:	6.000000	Número de observações:		18	

Variável analisada: **ADSTRINGENCIA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.191944	0.095972	0.253	0.7805
BLOCO	1	0.568889	0.568889	1.500	0.2442
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.508611	0.254306	0.670	0.5296
erro	12	4.551667	0.379306		
Total corrigido	17	5.821111			
CV (%) =	90.87				
Média geral:	0.677778	Número de observações:		18	

Variável analisada: **AMARGOR**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.355833	0.177917	0.383	0.6896
BLOCO	1	2.135556	2.135556	4.602	0.0531
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.525278	0.262639	0.566	0.5822
erro	12	5.568333	0.464028		
Total corrigido	17	8.585000			
CV (%) =	41.28				
Média geral:	1.6500000	Número de observações:		18	

Variável analisada: **FINALIZACAO**

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.280000	0.140000	1.033	0.3856
BLOCO	1	1.280000	1.280000	9.443	0.0697
TRATAMENTO*BLOCO	2	0.493333	0.246667	1.820	0.2041
erro	12	1.626667	0.135556		
Total corrigido	17	3.680000			
CV (%) =	6.82				
Média geral:	5.4000000	Número de observações:		18	