



LUCAS PEREIRA BUSTAMANTE ABREU

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE CAFÉS ESPECIAIS COM
SECAGEM REALIZADA EM TERREIROS DE CONCRETO E
SECADORES ESTÁTICOS**

LAVRAS – MG

2023

LUCAS PEREIRA BUSTAMANTE ABREU

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE CAFÉS ESPECIAIS COM SECAGEM REALIZADA
EM TERREIROS DE CONCRETO E SECADORES ESTÁTICOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade
Orientador

LAVRAS – MG

2023

*À minha família maravilhosa e amigos,
que são uma inspiração em todos os aspectos
da minha vida.*

RESUMO

A secagem adequada é uma etapa crítica na produção de café especial, que afeta diretamente a qualidade, o custo, a segurança e o valor de mercado dos grãos. Ela é essencial para garantir que o café preserve suas características sensoriais distintas, evitando a presença de defeitos físicos indesejados e proporcionando uma experiência de consumo gratificante. A busca por um método de secagem de baixo custo e que preserve a qualidade motiva a comparação entre os métodos comumente utilizados. Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar o impacto do método de secagem na qualidade física e sensorial de cafés naturais, fornecendo informações imprescindíveis para os cafeicultores. Esta pesquisa foi realizada na cidade de Cristina, na Serra da Mantiqueira de Minas Gerais. Foram utilizados lotes de café arábica provenientes do mesmo talhão, com predominância da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. A colheita dos frutos foi realizada de forma manual e semimecanizada (com derriçadeiras). Os lotes foram submetidos à separação hidráulica em lavador mecânico, onde foi aferido o percentual de maturação dos frutos, que então, foram conduzidos à secagem. Esta foi avaliada em dois métodos: secagem em terreiro de concreto (secagem artificial com circulação de ar natural) e secagem em secador de camada fixa (secagem artificial com alta temperatura sem revolvimento de produto). Para acompanhamento da secagem dos cafés naturais, foram acompanhados parâmetros de temperatura, umidade relativa do ar e do ar intersticial e teor de água do café ao longo da secagem, que foi conduzida até o teor de água médio de 11,5% (b.u.). Após a secagem, os lotes foram submetidos à descanso por 30 dias e então foram realizadas a análise física e sensorial do café. Os resultados mostram que os lotes utilizados apresentaram similaridade de maturação, com média de 88,75% de frutos maduros. A secagem no terreiro de concreto durou cerca de 384 horas, com 34,74°C de temperatura média de secagem e 41,15% de umidade relativa. A secagem em secador de camada fixa obteve média de 27,76°C na massa de grãos, com duração de 128 horas. O lote de café seco em terreiro de concreto apresentou maior quantidade de defeitos verdes, ardidos e quebrados, obtendo tipificação de tipo 5-20, enquanto o secador de camada fixa obteve 5-05. O método de secagem não apresentou diferença na nota sensorial, com média de 84,96 pontos. Dessa forma, conclui-se que os dois métodos de secagem estudados preservam a qualidade sensorial do café natural, entretanto, a secagem em terreiro apresenta maior deságio devido à maior catação, nas condições adotadas neste estudo.

Palavras-chave: temperatura, umidade relativa, defeitos, café especial.

ABSTRACT

Proper drying is a critical step in the production of specialty coffee, directly impacting the quality, cost, safety, and market value of the beans. It is essential to ensure that coffee retains its distinct sensory characteristics, avoids the presence of unwanted physical defects, and provides a gratifying consumer experience. The quest for a cost-effective drying method that preserves quality motivates the comparison of commonly used methods. Thus, this study aims to analyze the impact of the drying method on the physical and sensory quality of natural coffee, providing essential information for coffee farmers. This research was conducted in the city of Cristina, in the Mantiqueira Mountains of Minas Gerais, Brazil. Batches of Arabica coffee from the same plot, predominantly of the Catuaí Amarelo IAC 62 cultivar, were used. The fruits were manually and semi-mechanically harvested (using harvesters). The batches underwent hydraulic separation in a mechanical washer, where the percentage of fruit maturation was measured before being subjected to drying. Drying was evaluated using two methods: drying on a concrete patio (natural air circulation artificial drying) and drying in a fixed-layer dryer (high-temperature artificial drying without product turnover). To monitor the drying of natural coffee, parameters such as temperature, relative humidity, and coffee moisture content were tracked throughout the drying process, which was carried out until the average moisture content reached 11.5% (wb). After drying, the batches rested for 30 days, and then a physical and sensory analysis of the coffee was conducted. The results indicate that the batches used had similar levels of ripeness, with an average of 88.75% ripe fruits. Drying on the concrete patio took approximately 384 hours, with an average drying temperature of 34.74°C and 41.15% relative humidity. Drying in the fixed-layer dryer had an average grain mass temperature of 27.76°C and lasted for 128 hours. The batch of coffee dried on the concrete patio had a higher number of green, scorched, and broken defects, resulting in a classification of 5-20, while the fixed-layer dryer achieved a classification of 5-05. The drying method did not show a difference in sensory rating, with an average of 84.96 points. Thus, it is concluded that both drying methods studied preserve the sensory quality of natural coffee; however, drying on the concrete patio incurs greater losses due to higher sorting requirements, despite being conducted correctly.

Keywords: temperature, relative humidity, defects, specialty coffee.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	OBJETIVOS.....	8
2.1.	Objetivo geral.....	8
2.2.	Objetivos específicos.....	8
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3.1.	Café e sua perspectiva	9
3.2.	A colheita	9
3.3.	Processamento	10
3.4.	Secagem.....	12
3.4.1.	Métodos de Secagem.....	13
3.5.	Qualidade e características	16
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1.	Caracterização do experimento	18
4.2.	Colheita	18
4.3.	Processamento	19
4.4.	Secagem.....	20
4.4.1.	Secagem em terreiro de concreto	20
4.4.2.	Secagem em secador de camada fixa	21
4.5.	Teor de água	23
4.6.	Armazenamento: descanso	23
4.7.	Análises de qualidade física e sensorial	23
4.7.1.	Análise de quantificação de defeitos e classificação da amostra	23
4.7.2.	Análise Sensorial.....	24
4.8.	Análises estatísticas.....	25
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1.	Maturação dos lotes.....	25
5.2.	Condições de secagem no terreiro de concreto	26
5.3.	Condições de temperatura e umidade relativa da massa de café na secagem no terreiro de concreto.....	28
5.4.	Condições de temperatura na massa de grãos na secagem em secador caixa	32
5.5.	Quantidade de defeitos e classificação dos cafés	33

5.6.	Qualidade sensorial dos cafés.....	35
6.	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXO	43

1. INTRODUÇÃO

Este estudo concentrou-se na secagem de cafés, especificamente café de alta qualidade cultivado na região da Mantiqueira de Minas. A busca por métodos de produção mais rentáveis, que não comprometam a qualidade do café, levou muitos produtores a adotar a automação do processo de secagem. Entre os diferentes tipos de secadores disponíveis, o secador de camada fixa (conhecido como secador estático) é o preferido por pequenos produtores que buscam reduzir os custos de produção.

Além disso, observou-se empiricamente que os lotes de café submetidos ao processo de secagem em terreiros de concreto apresentaram diferenças notáveis em termos sensoriais e na classificação física, quando comparados aos cafés submetidos à secagem em secadores de camada fixa na fazenda. Os cafés secados nos secadores estáticos exibiram quantidades menores de defeitos e obtiveram notas sensoriais superiores. Ademais, fazer com que a secagem seja menos onerosa, mais rápida e ainda assim que mantenha ou supere a qualidade dos cafés secos em terreiros de concreto é dos grandes objetivos da cafeicultura atual.

A qualidade de um café no momento da comercialização é determinada por fatores físicos e sensoriais, influenciados por características genéticas, ambientais e, principalmente, pelo processo pós-colheita.

Portanto, a relevância deste experimento reside em fornecer informações que auxiliem na tomada de decisões ao escolher o método de secagem. Essas escolhas impactam diretamente o preço final e a lucratividade dos produtores de café. Ter conhecimento sobre qual método pode resultar em preços mais vantajosos no mercado e quais podem ter efeitos negativos no processo pós-colheita é fundamental.

Dessa forma, o objetivo principal do experimento foi comparar a qualidade de lotes de cafés naturais que passaram pelos processos de secagem em secadores de camada fixa e terreiros de concreto, utilizando critérios de classificação física e análise sensorial.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a interferência do método de secagem na qualidade física e sensorial dos cafés naturais produzidos em uma fazenda na Serra da Mantiqueira.

2.2. Objetivos específicos

- Acompanhar a temperatura e umidade relativa da secagem de cafés naturais em terreiro de concreto e em secador de camada fixa.
- Verificar a influência do método de secagem no conteúdo de defeitos de cafés naturais.
- Avaliar a qualidade sensorial de cafés naturais submetidos à diferentes métodos de secagem.
- Proporcionar informações que auxiliem a tomada de decisão sobre o método de secagem que melhor se adequou nas condições de operação para a Fazenda Água Limpa.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Café e sua perspectiva

Com a produção estimada de 54,36 milhões de sacas de 60 kg para a safra de 2023 (CONAB, 2023) o Brasil ocupa a primeira colocação na produção e exportação de cafés no mundo, representando 33% de todo o mercado mundial (CNA, 2021).

Em termos mundiais, as previsões de crescimento no consumo continuam com aumento esperado de 3,3%. Além do crescimento de consumo, acende também a demanda por cafés diferenciados, que já representa 15% do total da exportação do produto no período de janeiro a agosto de 2023, com predominância do Café Arábica Diferenciado e gerando a receita cambial de mais de 888 milhões de dólares. Tendo como principais destinos os Estados Unidos, Alemanha e Bélgica (CECAFÉ, 2023).

Com a alteração no comportamento do mercado consumidor e a disseminação da filosofia do café especial mundialmente foi possível observar a tentativa dos cafeicultores em produzir grãos de café de qualidade superior e com atributos diferenciados. A diferenciação vai além de um grão de café de qualidade superior, pois inclui disponibilidade limitada (microlotes), variedades especiais, café de origem, história do cultivo, e métodos de colheita e processamentos pós-colheita, bem como preocupações de ordem ambiental e social (GUIMARÃES; CASTRO JÚNIOR; ANDRADE, 2016).

3.2. A colheita

Durante a colheita do café é possível observar no cafeeiro frutos em diversos estádios de maturação. Isso ocorre devido à quantidade de florescimentos ao longo do ano (BORÉM & REINATO, 2006), sendo que a frequência dessas florações é influenciada pelas condições climáticas e características do solo nas áreas de produção (DA MATA & RENA, 2002).

A variação na maturidade dos frutos durante a colheita é um fator restritivo em relação ao momento da colheita. De acordo com Chalfoun e Carvalho (1997), o limite máximo de frutos verdes no início da colheita deve ser de 5%. Conforme indicado por Borém (2008), o estágio ótimo para a colheita é o "Cereja", caracterizado por um nível de maturação ideal e composição química equilibrada e totalmente desenvolvida. Isso proporciona um potencial máximo para a qualidade do café.

Os sistemas de colheita de café podem ser classificados em três categorias: o método manual, onde todas as etapas, incluindo a colheita, são realizadas de forma manual; o sistema semimecanizado, que envolve uma combinação de operações manuais e mecanizadas, com variações quanto à utilização de máquinas; e o sistema mecanizado, onde todas as fases do processo são conduzidas de forma automática, sendo mais comum em fazendas de maior porte com terrenos adequados para essa abordagem. Atualmente, observa-se uma tendência de expansão do sistema semimecanizado, especialmente nas regiões Sul e Oeste de Minas Gerais, com o objetivo de encontrar um equilíbrio entre a mão de obra e a utilização de máquinas (SILVA et al., 2020).

Existem diferentes formas para a colheita do café. Uma delas é a derriça completa, na qual todo café é colhido sem discriminação quanto à maturação dos frutos, e esses frutos são então derrubados sobre um pano ou diretamente no solo. Por outro lado, temos a colheita seletiva, na qual apenas os frutos maduros são colhidos. No Brasil, o método mais amplamente adotado é a derriça completa, o que tende a resultar em lotes heterogêneos, contendo frutos desde os sobremaduros (passa e seco), maduros (cereja), até os frutos imaturos (verdes) e impurezas como folhas e pedras (BORÉM, 2008).

Após a colheita e o transporte, é necessário realizar o processo de separação dos grãos de café das impurezas, conhecido como abanação. Esse processo pode ser conduzido de forma manual, frequentemente empregada por pequenos produtores, ou de maneira mecânica, utilizando abanadores móveis ou estacionários que aproveitam a corrente de ar para eliminar ou separar as impurezas. Em alguns casos, durante o próprio processo de colheita, colhedoras equipadas com sistemas de ventilação apropriados são utilizadas para remover impurezas leves, como folhas e pequenos pedaços de galhos, dos frutos (BORÉM, 2008).

Conforme as orientações de Brando (2004), é crucial evitar o armazenamento dos grãos de café recém colhidos. Não se deve conservá-los em sacos ou silos por um período superior a 8 horas, pois essa prática pode desencadear processos de fermentação indesejada. Em condições de elevada temperatura, também pode aumentar a ocorrência de defeitos no lote. Portanto, a recomendação principal é que os grãos de café sejam encaminhados imediatamente para o processamento logo após a colheita.

3.3. Processamento

Os procedimentos e a atenção dedicados à colheita exercem uma influência significativa na determinação do método de processamento a ser empregado no café. Essa escolha é também

afetada por fatores como as condições climáticas na região, os recursos tecnológicos disponíveis, a capacidade de investimento, as demandas do mercado, a disponibilidade de equipamentos, as licenças para uso da água e a viabilidade do tratamento de águas residuais (BORÉM, 2008).

No processamento do café, a separação dos grãos em diferentes estágios de maturação é essencial para assegurar uma maior uniformidade nos lotes. Para alcançar esse objetivo, uma opção é a utilização de equipamentos chamados de lavadores que utilizam de mecanismos mecânico e hidráulico para separação de impurezas do café. Além de efetuar a remoção de impurezas como pedras, galhos e folhas, os lavadores realizam a separação dos lotes de café com base na densidade. Isso resulta na formação de dois grupos distintos: um composto pelos grãos maduros e verdes, e outro composto pelos grãos secos e mal granados (boia) (BORÉM, 2008).

Os métodos de processamento do café são geralmente classificados em via úmida e via seca. No Brasil, o método mais amplamente empregado é o de via seca (MALTA; PEREIRA; FERREIRA, 2008). No processo de via seca, os grãos são submetidos à secagem sem que ocorra a remoção do exocarpo (casca), resultando em café em coco ou café natural. Por outro lado, no método de processamento via úmida, ocorre a retirada do exocarpo e partes da mucilagem, o que resulta em café descascado. Em alguns casos, também é realizada a remoção completa da mucilagem, sendo essa remoção feita de forma mecânica para produzir café desmucilado ou por meio da fermentação biológica, originando os cafés conhecidos como despulpados (BORÉM, 2008).

O método de processamento via seca é amplamente empregado no Brasil para café arábica e em todo o mundo para café robusta (BRANDO, 2004). Este método é conhecido por preservar as características naturais do café, mantendo suas partes constituintes praticamente intactas. Além disso, é considerado menos agressivo ao meio ambiente devido à produção de quantidades reduzidas de resíduos sólidos e líquidos, com baixos teores de matéria orgânica (BORÉM, 2008).

No entanto, é importante ressaltar, que o processamento de cafés naturais exige uma atenção especial durante a fase de secagem, a fim de evitar fermentações indesejadas. Isso ocorre devido à presença da mucilagem, que pode facilitar o desenvolvimento de microrganismos não desejados (MALTA; SANTOS; SILVA, 2002).

O processamento via úmida possibilita a separação dos frutos em diferentes estágios de maturação, resultando em dois lotes distintos: um composto por grãos ainda verdes e outro contendo café maduro. Esse aspecto exerce uma influência significativa na qualidade do café,

conforme observado por Williams, Feria e Kari (1989). Os grãos de café imaturos tendem a contribuir com sabores rançosos e características excessivamente amargas, enquanto os grãos maduros proporcionam bebidas com sabores mais doces, suaves e uma acidez mais pronunciada. Além disso, o processamento via úmida apresenta a vantagem de requerer menos espaço no terreiro e um período de secagem mais curto (SILVA, 1999).

3.4. Secagem

A desidratação é um dos procedimentos pós-colheita mais comuns aplicados aos produtos agrícolas, com o objetivo de preservar sua qualidade ao minimizar a atividade biológica do produto (ARAÚJO et al., 2014; MUJUMDAR, 1995). Ao diminuir o teor de água dos grãos por meio de um processo que envolve a transferência simultânea de calor e massa, a secagem pode influenciar a qualidade e as características físicas dos grãos, dependendo dos métodos e das condições utilizadas (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992).

Para que ocorra a secagem, ou seja, a diminuição do teor de água, é preciso que exista uma diferença de pressão de vapor d'água entre a camada exterior do produto a ser seco e o ar em seu entorno. Assim, é necessário que a pressão parcial de vapor d'água na superfície do produto seja maior do que a do ar de secagem (PABIS; JAYAS; CENKOWSK, 1998).

No momento da colheita, os frutos de café contêm um teor de água que varia de 30% a 65% (base úmida), uma característica que se modifica conforme o grau de maturação dos frutos durante a colheita. Para assegurar condições favoráveis de armazenamento e prevenir a deterioração dos grãos, é essencial realizar o processo de secagem. Esta etapa se destaca como a mais crítica em termos de consumo de energia e influência na qualidade dos grãos (BORÉM, 2008).

Nas primeiras horas do processo de secagem, ocorre o estágio de secagem a uma velocidade constante. Durante esse período, a temperatura dos grãos é mantida igual à do ar de secagem saturado, e as trocas de calor e massa se equilibram. Não há influência da movimentação de água no interior do produto na velocidade de secagem, e apenas a água retida por capilaridade é removida. Posteriormente, no estágio de secagem a uma velocidade decrescente, a taxa de evaporação é maior em comparação com a taxa interna de transporte de água. Nesse ponto, a transferência de vapor d'água não compensa mais a transferência de calor do ar para o produto, o que faz com que os grãos tenham a tendência de atingir a temperatura do ar de secagem (BORÉM, 2008; BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992; PARK; BROD; ALONSO, 1999).

Ademais, outro parâmetro de destaque durante o processo é a taxa de secagem, que é a relação entre a água perdida pelo produto e o tempo necessário para a perda desta. Fatores que influenciam na taxa de secagem são o método de secagem, temperatura, umidade, velocidade do ar de secagem, umidade inicial e umidade final do produto e o tempo de secagem (BORÉM, 2008). Entretanto, a taxa de secagem sofre influência principalmente da temperatura do ar de secagem, com pouca representatividade do fluxo de ar, que apenas exerce impacto enquanto o teor de água dos frutos é elevado, no início da secagem (BURMESTER; EGGERS, 2010).

A temperatura do ar é o parâmetro de maior flexibilidade num sistema de secagem. Em altas temperaturas influenciando significativamente a taxa e a eficiência de secagem, bem como a qualidade final do produto e, se não for controlada, provoca sérios danos aos grãos, causando sua depreciação (AFONSO JÚNIOR, 2001; RIBEIRO, 2003). Pesquisas demonstram que temperaturas acima de 40°C causam prejuízos a qualidade física, fisiológica e sensorial do café, apesar de diminuir o tempo de secagem e os custos desta operação (BORÉM; MARQUES; ALVES, 2008; MARQUES et al., 2008, SAATH et al., 2010).

Outro fator que tem substancial influência sobre a taxa de secagem é a umidade relativa do ar. Ao se reduzir a umidade relativa e para uma mesma temperatura, o tempo de secagem é reduzido (ONDIER; SIEBNMORGEN; MAUROMOUSTAKOS, 2010). No entanto, Isquierdo et al. (2013) chegaram à conclusão de que, mesmo em temperaturas do ar de secagem mais baixas, o aumento da taxa de secagem devido à redução da umidade relativa teve impactos negativos na qualidade sensorial dos cafés naturais.

3.4.1. Métodos de Secagem

Essencialmente, podem ser considerados dois métodos de secagem: natural e artificial (HALL, 1980; LASSERAN, 1979). Segundo Borém (2008), a secagem natural acontece enquanto os frutos ainda estão na planta, e embora eles alcancem o teor de água adequado para o armazenamento, a exposição às condições climáticas adversas e à ação de fungos pode prejudicar a qualidade do produto final. Além disso, há o risco da queda de frutos secos, o que também pode afetar negativamente a qualidade do café. Este método não é recomendado, mas pode ocorrer em colheitas muito tardias ou em regiões menos desenvolvidas devido a restrições econômicas.

Dentre os métodos de secagem artificial, eles podem ser classificados quanto à circulação de ar (natural, forçada ou por convecção), quanto à temperatura do ar (natural, baixa ou alta), quanto ao fluxo de ar e produto (camada fixa, cruzados, concorrentes, contra-correntes,

misto, rotativo ou fluidizado) e quanto à operação (contínua ou intermitente) (SILVA et al., 2008).

3.4.1.1. Secagem em terreiro de concreto

A secagem em terreiros é categorizada como uma secagem artificial com circulação natural de ar. Nesse método, os grãos de café são dispostos diretamente ao sol em camadas finas sobre superfícies planas, que podem ser construídas com materiais como cimento, tijolos, lama asfáltica ou chão batido. Este é o método predominante no país desde o início da cafeicultura, devido aos seus menores custos e à facilidade de implementação e operação. Os grãos devem ser revolvidos várias vezes ao longo do dia, utilizando um rodo ou equipamentos similares. No entanto, é importante destacar algumas desvantagens dos terreiros, como a dificuldade de secagem em condições climáticas desfavoráveis e a possibilidade de manuseio inadequado, que podem resultar em secagem desigual, defeitos, fermentação indesejável e aparecimento de grãos ardidos (REINATO et.al., 2002; SOUSA, 2000).

Para a obtenção de cafés de melhor qualidade e secagem mais rápida, deve-se dar preferência aos terreiros concretados, comparados aos terreiros de terra (REINATO, 2006). O tempo para que o café atinja a secagem completa é em média 15 dias para as regiões do Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Sul de Minas e de 15 a 20 dias na Zona da Mata de Minas Gerais (BÁRTHOLO;GUIMARÃES, 1997).

Os cafés naturais podem consistir em lotes compostos apenas de frutos maduros ou de frutos em diferentes estágios de maturação. É observado que, nos primeiros dias de secagem, os frutos maduros e os frutos passas podem ser facilmente descascados devido à movimentação e às pressões no terreiro. Por esse motivo, não é recomendado mexer ou revolver o lote durante os primeiros dias, a fim de preservar a integridade dos frutos. Após o tempo necessário para que a casca não possa mais ser removida facilmente, o que pode levar até dois dias sob o sol, é possível iniciar o processo de revolvimento, seja de forma manual ou mecânica. Quanto mais frequente for esse revolvimento, maior será a uniformidade na secagem do lote.

Ao atingirem o teor de água de 30% os cafés atingem a "meia seca". Após este ponto, é recomendável que os lotes sejam agrupados e cobertos com panos e lonas durante a noite. Isso ajuda a uniformizar a umidade dentro da massa de grãos e a preservar o calor absorvido durante o período de exposição ao sol (MALTA, 1977).

3.4.1.2. Secagem em secador de camada fixa

Na secagem em camada fixa, o produto é disposto em um compartimento que possui fundo perfurado, por onde é direcionado o ar de secagem, impulsionado por um ventilador. O ar é forçado a atravessar a massa de grãos até que o teor de água do café atinja valores entre 11% e 12% (base úmida). Essa secagem pode ser realizada de maneira contínua ou intermitente, dependendo das necessidades. Os sistemas de secagem podem ser do tipo leito fixo, nos quais os grãos permanecem imóveis, podendo haver ou não variação no sentido do fluxo do ar de secagem, ou com movimentação dos grãos (SILVA et al., 2008).

Conforme apontado por Freire e Miguel (1985), o emprego de secadores mecânicos, embora ainda envolva desafios, como os custos elevados de instalação e consumo de energia, oferece inúmeros benefícios, tais como a redução do tempo de secagem, a minimização dos impactos das condições climáticas e a diminuição da necessidade de mão de obra e espaço. Os secadores de camada fixa, a depender das condições, podem dispensar a pré secagem, ao contrário dos demais, e podem ainda funcionar como pré-secadores. Os menores custos de instalação e praticidade para sua concepção na fazenda são as grandes vantagens deste tipo de secador (SILVA;LACERDA FILHO, 1984).

Nos secadores de leito fixo ou camada fixa o café é mantido estático na câmara de secagem e o ar de secagem é projetado verticalmente pelo ventilador, ocasionando assim a perda de teor de água (BORÉM, 2008). O ar de secagem então percorre da camada inferior do produto em direção à camada superior, ocorrendo a troca de umidade entre os grãos e o ar na região denominada zona de secagem. No processo de secagem são formados gradientes, de temperatura e de umidade, se iniciando nas camadas inferiores e posteriormente superiores (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992).

Com o objetivo de preservar a qualidade do café, é fundamental ter um cuidado especial com a temperatura da massa e com a taxa de remoção de água dos grãos. Quando os grãos perdem água, eles tendem a alcançar um equilíbrio térmico com o ar de secagem. Esse fenômeno, juntamente com as variações nos estágios de maturação dos grãos, torna o processo de secagem altamente complexo. É importante notar que frutos verdes, maduros e passas têm diferentes capacidades de aquecimento para a mesma quantidade de calor fornecido, em que, os frutos imaturos são os mais susceptíveis à danos térmicos (ANDRADE et al., 2019). Assim sendo a busca pela homogeneidade nos lotes deve ser priorizada a fim de garantir um processo de secagem eficaz e adequado (BORÉM, 2008).

Portanto, para evitar o problema de super secagem nas camadas inferiores da massa de grãos durante o processo de secagem em camada fixa, é recomendado manter as temperaturas do ar em níveis mais baixos. Além disso, é importante considerar a espessura da camada de

grãos no compartimento do secador de camada fixa, pois quanto mais espessa for a camada, menor deverá ser a temperatura do ar de secagem, enquanto a vazão de ar será maior (BERBERT, 1991).

Sendo assim, a temperatura da massa de grãos recomendada para secador de camada fixa é de 40°C, pois garante uniformidade no teor de água final ao longo da camada de grãos, porém não evita que as camadas próximas à entrada do ar sofreram super secagem (CORRÊA et al., 2002). Estima-se aproximadamente 32 horas de tempo médio para a secagem total de café em secador de camada fixa, considerando-se que o secador foi abastecido com frutos com teor de água de 60%, temperatura do ar de secagem a 55°C, temperatura da massa de grãos de 40°C e espessura da camada de 40cm (BORÉM, 2008).

3.5. Qualidade e características

A qualidade do café é predominantemente influenciada pelo aroma e sabor desenvolvidos durante o processo de torração. Essas características são acentuadas por precursores que estão presentes nos grãos, os quais variam de acordo com fatores genéticos, climáticos e o tipo de tratamento pós-colheita, incluindo o processamento, secagem e armazenamento. (ALPIZAR;BERTRAND, 2004; FARAH et.al. 2006; MALTA; CHAGAS; OLIVEIRA, 2003; RIBEIRO, 2013).

A análise sensorial desempenha um papel crucial na garantia da qualidade do café, pois possibilita a avaliação do perfil sensorial e a adaptação dos cafés às demandas do mercado e dos consumidores. Essa análise é conduzida por provadores que devem possuir sensibilidade olfativa e gustativa, permitindo-lhes discernir as distintas variações de características especiais presentes na bebida de café. Esses provadores desempenham um papel preciso e confiável na avaliação da qualidade da bebida (ILLY, 2002).

Para a classificação de cafés commodities é utilizada a metodologia da Classificação Oficial Brasileira do Café (COB), introduzida em 1917 no Brasil e mais comumente utilizada, classificando os lotes em bebida Estritamente Mole, Mole, Apenas Mole, Dura, Riada, Rio e Rio-zona (BRASIL, 2003). Já para os cafés considerados especiais, as análises sensoriais descritivas são mais comumente utilizadas, em que são analisados os atributos sensoriais e pontuados por sua intensidade e presença, tendo destaque as metodologias da Specialty Coffee Association of America (SCAA) e a Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA) (LINGLE, 2011).

No método SCAA, os dez principais atributos que compõem o perfil sensorial do café são avaliados em uma escala de pontuação de 0 a 10. Esses atributos incluem fragrância/aroma, uniformidade, defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, sabor residual, equilíbrio e impressão geral do café. A nota final é calculada somando-se as pontuações atribuídas a cada item, representando a qualidade global do café. O café é considerado especial quando a soma das pontuações ultrapassa 80 pontos. Além disso, são fornecidas descrições detalhadas das características organolépticas da bebida (LINGLE, 2011).

Na classificação física, são examinados os cafés beneficiados, conhecidos como "cafés verdes" ou grãos não torrados, por meio de várias análises. Aspectos como tamanho, forma, uniformidade e coloração são levados em consideração. Na comercialização, a coloração é especialmente valorizada, pois reflete e está relacionada com a qualidade da bebida, tendo uma importância maior em comparação com o tamanho dos grãos (MONTEIRO, 2002, RIBEIRO, 2013).

Adicionalmente, os grãos são submetidos a uma análise para avaliar a presença de defeitos. Nesse processo, uma amostra de 300g é examinada quanto à contagem de defeitos, e a classificação do lote analisado é determinada com base na quantidade e nos tipos de defeitos identificados. Defeitos que se originam diretamente nos grãos são denominados defeitos intrínsecos. Exemplos desses defeitos incluem grãos quebrados, que resultam de danos durante o beneficiamento ou a colheita, grãos concha e miolo de concha, que surgem de alterações fisiológicas ou genéticas nos frutos, grãos brocados causados pelo ataque da broca do café e grãos verdes, que são frutos imaturos colhidos. Já os defeitos extrínsecos têm origem em materiais que não deveriam estar presentes no café beneficiado, como cascas, pedaços de madeira, pedras, grãos ainda em casca e impurezas resultantes de um processo de beneficiamento mal executado (BANDEIRA et al., 2009; BRASIL, 2003)

Os defeitos preto, verde e ardido (PVA) exercem a maior influência na qualidade da bebida de café e são considerados os mais graves. Sua origem está principalmente relacionada à má execução dos processos pós-colheita. Conforme Rezende (2013) destaca, a mucilagem presente nos frutos cereja, composta por cerca de 85% de água e 15% de sólidos, pode fermentar, tanto quando os frutos ainda estão na árvore quanto quando caem no chão. Esse processo de fermentação é favorecido pela umidade do ar e pelas chuvas, resultando nos defeitos preto e ardido. Além disso, a mistura de lotes devido a processos inadequados no pós-colheita também pode causar a fermentação nos terreiros de secagem, começando com o defeito ardido e culminando no escurecimento do grão, ocasionando o defeito preto.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Água Limpa II, situada na região produtora de cafés Mantiqueira de Minas, em Cristina-MG. Frutos de café foram colhidos de forma manual e semimecanizada, imediatamente transportados para a unidade de processamento, onde foram submetidos à separação hidráulica, secagem e descanso. Após estas etapas, os lotes foram beneficiados e foram realizadas análises para avaliação da qualidade física e sensorial do café. O delineamento experimental está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Delineamento experimental.



Fonte: Do

autor (2023).

4.2. Colheita

Os cafés da presente pesquisa são da espécie *Coffea arabica* L., variedade Catuaí Amarelo IAC 62. Estes foram colhidos durante a safra de 2021/2022, nos dias 21, 22 e 25 de julho e 12 de agosto, na fazenda Água Limpa II (-22.132258723291066, -45.24482072726599), localizada na cidade de Cristina – MG. Foram realizadas quatro colheitas, formando duas repetições de experimento para cada método de secagem estudado.

A colheita foi manual e com máquinas de derraça, com lotes contendo frutos em diversos estádios de maturação com predominância de cafés no estágio cereja.

Apesar da tentativa de uniformização no requisito de genótipo das plantas colhidas, o talhão que apresentava maior índice de frutos maduros, no momento da colheita, era formado por exemplares de Catuaí Amarelo e Vermelho, sendo majoritariamente amarelo. E para certificação do nível de maturação dos lotes, foram retiradas amostras, feita contagem dos frutos nos estádios maduro, verde e passa. Este procedimento foi realizado na moega de recepção da unidade e após a separação hidráulica.

Figura 2 Cafés maduros da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62



Fonte: Do autor

4.3. Processamento

Após a colheita, os frutos foram transportados para a unidade de processamento da fazenda. Em seguida, foram submetidos à separação hidráulica em lavador mecânico com capacidade de 4.800 L.h⁻¹. Visando proporcionar aos lotes mais uniformes quanto à qualidade, teor de água e estágio de maturação, foi utilizada a porção densa, composta por frutos verde e maduros. Os frutos da porção boia (secos, passas, chochos, mal granados) apresentam menor qualidade e teor de água, por isso foram separados.

Em seguida à separação hidráulica, foi realizada amostragem de 1L e a contagem de frutos do estágio maduro e verde. Esta avaliação foi realizada em duplicata e os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Figura 3 Cafés em Processamento por separação hidráulica



Fonte: Do Autor

4.4. Secagem

Foram utilizados lotes de aproximadamente 5.000 L de café denso, para cada método de secagem e estes foram submetidos à dois métodos de secagem: secagem em terreiro de concreto (secagem com fluxo de ar natural) e secagem em secador de camada fixa (secagem em alta temperatura com fluxo de ar forçado).

4.4.1. Secagem em terreiro de concreto

Depois do processamento, os lotes colhidos nos dias 21 e 22 de julho (Lotes 1 e 2) foram encaminhados para a secagem em terreiros de concreto.

Inicialmente foram distribuídos em camadas delgadas, com espessura de um a 2 frutos. Após dois dias sem revolvimento, foi constatado que não aconteceria o descasque dos frutos ao serem pisoteados e revolvidos, então foi realizado o espessamento da camada (primeira dobra) e foi iniciado o revolvimento repetido por doze vezes ao dia.

No quarto dia de secagem foi realizada a segunda dobra e a frequência de revolvimentos manteve-se a mesma. Ao sexto dia de secagem, foi realizada a última dobra, com espessuras de 5cm entre as leiras e 8cm nas leiras, e revolvimento em 12 vezes ao dia. Ao atingirem a meia seca, cerca de 30%(b.u.) de teor de água, os cafés passaram a ser amontoados e cobertos com pano de colheita e lona no final da tarde, e abertos na mesma camada na manhã seguinte. E assim se sucedeu até a finalização da secagem. Assim, no dia 6 de agosto, após 17 dias de secagem, os cafés em coco atingiram 11,5%(b.u.) de teor de água e foram destinados ao descanso.

Para acompanhamento das condições de secagem no terreiro, foi instalado um data logger em cada lote para medições de temperatura e umidade relativa do ar intersticial da massa de café. Além disso, um data logger determinou as condições do ambiente no terreiro. As aferições foram feitas durante todos os dias de secagem, quatro vezes ao dia (às 9h, 11h, 13h e 15h).

Figura 4 Cafés secos em terreiro de concreto com o data logger na massa de grãos



Fonte: Do Autor

4.4.2. Secagem em secador de camada fixa

Os Lotes 3 e 4, colhidos no dia 25 de julho e 12 de agosto respectivamente, contendo 5.000 L de café natural, foram encaminhados para o secador de camada fixa após o processamento. Para evitar excesso de água no momento do carregamento do secador, os lotes foram mantidos por 30 minutos na carreta para que a água oriunda da separação hidráulica escorresse.

O secador estático utilizado é composto por dois compartimentos retangulares de 7.000 litros cada e uma fornalha de fogo indireto alimentada por lenha e palha. Possui temperaturas controladas por um software ligado aos termômetros, que ativa a alimentação de palha no momento que a temperatura atinge o mínimo programado para a secagem, neste caso é temperatura de 30°C na massa de café, dois dos termômetros são localizados nas saídas de ar da fornalha e outros dois na massa de grãos.

Apenas uma das caixas foi utilizada visando maior uniformidade no fluxo de ar quente na massa. Além dos termômetros do secador, ainda foram acrescentados dois termômetros na massa de grãos, colocados centralizados e com profundidade de 20cm, e um no ambiente, assim além da aferição da temperatura registrada no software, foi possível também aferir quatro vezes ao dia a temperatura e umidade relativa do ar intersticial na massa de grãos e da condição de secagem. Logo após a separação hidráulica, e durante o carregamento do secador, a o ventilador foi acionado insuflando ar seco, evitando que a secagem das camadas inferiores fosse iniciada antes dos demais. A secagem foi finalizada com o teor de água médio da massa de grãos de 11,5%(b.u.).

Figura 5 Cafés em secagem no secador de camada fixa



Fonte: Do Autor

4.5. Teor de água

Utilizou-se o método dielétrico, com o uso do equipamento da marca Gehaka, modelo G600, para monitorar o teor de água ao longo da secagem. No final da secagem, para conferência do teor de água dos lotes, amostras de café em coco foram retiradas de cada lote, acondicionadas em embalagens de papel + plástico, em ambiente fechado e com baixa temperatura. Estas foram levadas para o Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas (LPPA) na Universidade Federal de Lavras (UFLA) para determinação de teor de água pelo método padrão de estufa. Foi utilizada a metodologia da Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), a $105\pm 1^\circ\text{C}$ por 24 h.

4.6. Armazenamento: descanso

Após a finalização da secagem, os lotes foram armazenados em embalagens permeáveis com capacidade de 600 kg (big bags), dentro de uma tulha de madeira, na própria fazenda. O procedimento de descanso, previamente ao beneficiamento, é uma técnica utilizada para produção de cafés especiais. A permanência do produto nestas condições de armazenamento por 30 dias, promove a uniformização do teor de água dentro do grão e o equilíbrio das características sensoriais do café. Após 30 dias de descanso, os lotes de café em coco foram avaliados quanto à qualidade física e sensorial.

4.7. Análises de qualidade física e sensorial

A qualidade dos cafés naturais submetidos a secagem em terreiro de concreto e secador de camada fixa foi avaliada quanto à quantidade de defeitos e classificação da amostra, além da qualidade sensorial do café.

4.7.1. Análise de quantificação de defeitos e classificação da amostra

Foram retirados de cada lote amostras representativas de café em coco para a quantificação dos defeitos. Estas foram levadas ao LPPA – UFLA para beneficiamento em descascador de café mecânico, marca Carmomaq, modelo CD1.

Para realização da quantificação de defeitos e classificação da amostra, as análises foram realizadas conforme metodologia apresentada na Instrução Normativa nº 08 de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).

O café beneficiado cru foi separado quanto ao tamanho e forma. As amostras foram peneiradas em conjunto de peneiras 19 (crivo circular), 11 (crivo oblongo), 16 (crivo circular) e fundo. Foram utilizados para análise, apenas os cafés retidos na peneira 16. Subamostras de 100 g, peneira 16 e acima, passaram por seleção manual e contagem de defeitos. Esta análise foi realizada em triplicata e os resultados apresentados em unidade de defeito em 100 g de amostra. Por meio da quantificação de defeitos, foi possível realizar a classificação da amostra quanto aos tipos apresentados na IN nº 08/2003 (BRASIL, 2003).

Figura 6 Análise Física sendo realizada



Fonte: Do Autor

4.7.2. Análise Sensorial

Para análise sensorial, as amostras de café beneficiadas foram preparadas com base no protocolo da SCA (Specialty Coffee Association) (LINGLE, 2011). Amostras de grãos de café, peneira 16 e acima, isenta de defeitos (café tipo 2).

As amostras foram torradas em um torrador de amostra, com torra moderadamente leve, monitorando-se a temperatura para que o tempo de torração estivesse entre 8 e 12 minutos.

Todas as amostras foram torradas com antecedência de 24 horas antes da degustação e descanso mínimo de 8 horas.

Então foram analisadas conforme o protocolo da SCA, por três degustadores credenciados como Qgraders pela BSCA. Nesta análise foram avaliados 10 atributos sensoriais (fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, finalização, doçura, uniformidade, ausência de defeitos, equilíbrio e avaliação global). A nota sensorial final reflete a qualidade destes atributos, em que cafés com 80 pontos e acima são considerados cafés especiais.

Figura 7 Mesa sendo preparada para Análise Sensorial de cafés seguindo o protocolo SCA



Fonte: Do Autor

4.8. Análises estatísticas

Os resultados obtidos para análise de maturação, qualidade física e sensorial foram submetidos à análise de variância (ANAVA) por meio do software estatístico Sisvar[®] (FERREIRA, 2011). Quando o método de secagem empregado apresentou diferença significativa a 5%, foi realizado o teste de médias Scott-Knott.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Maturação dos lotes

Os frutos de café colhidos foram direcionados à unidade de processamento, e submetidos à separação hidráulica para melhoria da qualidade do lote. Os lotes de cafés densos foram submetidos à secagem. Na saída do lavador foi realizada amostragem para determinação do percentual de maturação dos lotes. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios de frutos no estágio maduro (cereja) e verde dos quatro lotes de cafés naturais estudados.

Tabela 1. Porcentagem de frutos cereja e verde após a separação hidráulica.

Lote	Cereja (%)	Verde (%)
1	88 ^a	12 ^a
2	91 ^a	9 ^a
3	90 ^a	10 ^a
4	86 ^a	14 ^a
Média	88,75	11,25

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott a 95% de significância. Fonte: Do autor

Os resultados de percentual de frutos maduros e verde dos quatro lotes não apresentaram diferença significativa entre si (ANAVA em ANEXO), ou seja, os lotes possuíam similaridade nas condições de maturação dos frutos naturais.

Os frutos maduros apresentam a máxima manifestação de todos os compostos bioquímicos requeridos para a formação da semente ou do grão (DAMATTA et al., 2007). Assim, existe uma relação bem conhecida entre a maturação dos frutos do café e a qualidade. Cafés maduros, com boas práticas de pós-colheita, produzem bebidas limpas, doces e encorpadas (BORÉM & ANDRADE, 2020). Ao passo que cafés imaturos estão associados a mudanças no sabor da bebida, caracterizadas com notas herbáceas, imaturos, de amendoim e com adstringência (RABELO et al., 2021), estas características são indesejadas para bebidas de cafés especiais.

Os lotes apresentaram em média 88,75% de frutos maduros e 11,25% de frutos verdes. Com isso, o elevado percentual de frutos maduros que compuseram os lotes, justifica o potencial para qualidade.

5.2. Condições de secagem no terreiro de concreto

Foram determinadas temperatura e umidade relativa do ar ambiente no terreiro. Os resultados médios avaliados às 9h, 11h, 13h e 15h estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Condições de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) aferidas no terreiro de concreto, na secagem dos Lotes 1 e 2.

Data/Hora	09:00		11:00		13:00		15:00	
21/julho	28,3°C	67%	24,9°C	45%	38,0°C	20%	34,2°C	23%
22/julho	29,1°C	39%	33,7°C	31%	36,3°C	24%	35,7°C	21%
23/julho	26,1°C	78%	34,2°C	29%	39,7°C	19%	37,0°C	19%
24/julho	25,4°C	90%	37,8°C	22%	38,7°C	21%	35,0°C	21%
25/julho	30,2°C	38%	34,1°C	29%	37,4°C	23%	37,8°C	21%
26/julho	29,9°C	38%	36,0°C	29%	36,5°C	22%	36,5°C	20%
27/julho	24,9°C	45%	31,3°C	30%	27,7°C	31%	32,5°C	26%
28/julho	22,6°C	47%	31,5°C	30%	35,0°C	25%	35,4°C	20%
29/julho	27,0°C	41%	22,0°C	29%	30,1°C	23%	24,3°C	35%
30/julho	23,7°C	90%	35,0°C	26%	35,0°C	23%	27,0°C	17%
31/julho	12,5°C	90%	27,1°C	29%	29,0°C	40%	27,2°C	41%
01/agosto	23,9°C	47%	31,5°C	35%	26,7°C	39%	26,5°C	32%
02/agosto	26,6°C	41%	31,3°C	31%	35,8°C	26%	35,0°C	10%
03/agosto	25,0°C	35%	25,0°C	35%	39,0°C	18%	40,3°C	18%
04/agosto	22,5°C	91%	32,9°C	31%	38,5°C	21%	32,5°C	10%
05/agosto	23,0°C	43%	32,7°C	25%	36,0°C	10%	38,5°C	10%
06/agosto	27,0°C	40%	30,0°C	30%	33,0°C	29%	34,9°C	25%

Fonte: Do autor

A secagem em terreiros sofre influência das constantes oscilações de temperatura e umidade relativas. As condições médias de temperatura e umidade relativa nos dias de secagem foram de 31,20°C e 33,22%, respectivamente. Tendo como temperatura máxima de 40,3°C às 15h do dia 03 de agosto e temperatura mínima de 12,5°C às 9h do dia 31 de julho. Umidade relativa máxima de 91% na manhã do dia 04 de agosto e mínima de 10% às 15h da tarde dos dias 2, 4 e 5 de agosto.

A visualização das variações das condições climáticas na secagem em terreiro na forma gráfica está apresentada na Figura 2.

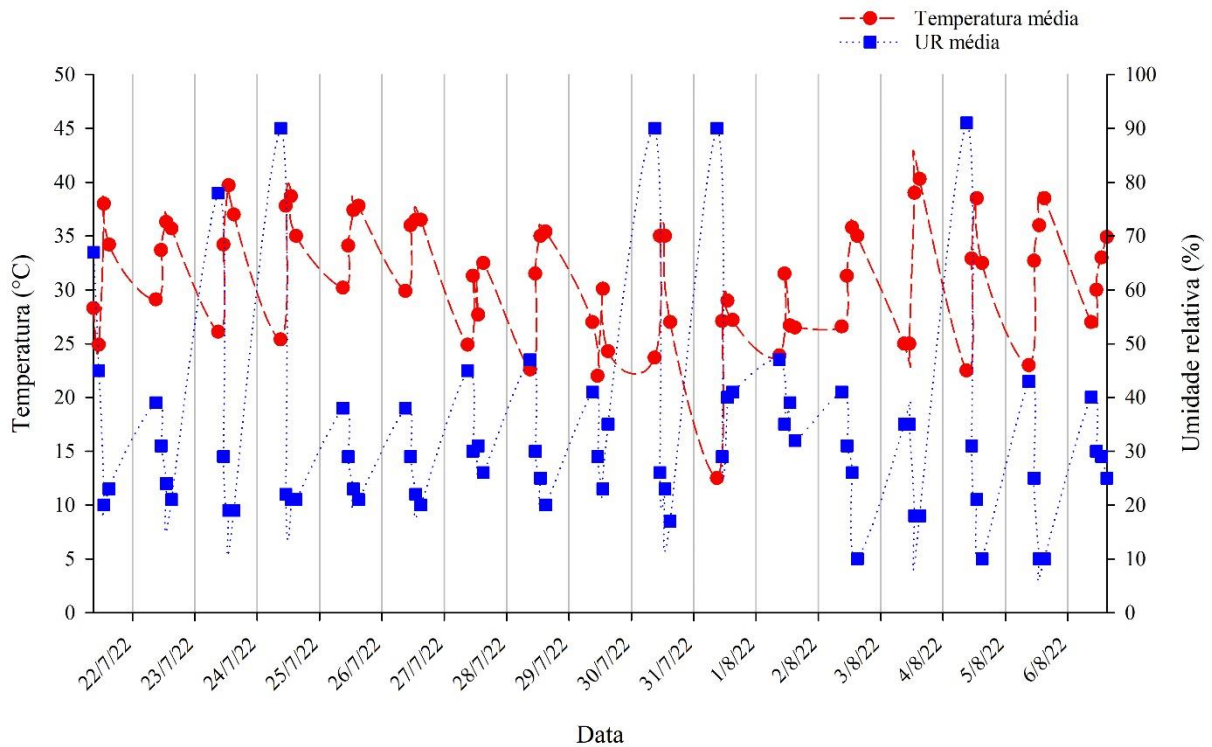


Figura 8. Condições de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) aferidas no terreiro de concreto. Fonte: Do autor

Nota-se que nos momentos de menor temperatura (geralmente 9h da manhã), a umidade relativa era maior. Com o aquecimento natural do dia, a umidade relativa reduziu, elevando o potencial de absorção de moléculas de água no ar, facilitando o processo de secagem do café.

5.3. Condições de temperatura e umidade relativa da massa de café na secagem no terreiro de concreto

Os grãos do Lote 1 foram submetidos a 17 dias de secagem em terreiro de concreto, enquanto o Lote 2 necessitou de 16 dias. Foram instalados data loggers na massa de grãos de café, e as condições de temperatura para o Lote 1 e 2 são apresentadas na Tabela 3. A representação gráfica dos dados está apresentada na Figura 3.

Tabela 3. Temperaturas (°C) aferidas na massa de grãos dos lotes secos em terreiro de concreto.

Data/Hora	09:00		11:00		13:00		15:00	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
21/julho	20,1	-	27,7	-	37,3	-	34,5	-
22/julho	33,6	22,4	36,3	28,6	40,0	35,6	34,6	33,7
23/julho	25,9	25,7	37,4	32,4	27,6	36,0	35,9	31,7
24/julho	24,1	30,8	39,8	37,0	39,0	37,5	36,3	33,2
25/julho	34,0	24,7	31,7	40,0	33,6	40,5	30,2	29,8
26/julho	23,3	38,7	27,0	29,2	39,0	35,8	46,4	36,9
27/julho	30,7	36,6	30,7	35,9	32,5	34,6	38,1	37,0
28/julho	28,8	17,9	29,7	24,9	29,1	34,5	30,0	30,1
29/julho	32,3	23,7	37,5	37,8	34,0	32,6	38,1	26,5
30/julho	25,3	23,9	47,6	38,2	45,0	35,3	38,1	31,8
31/julho	23,9	25,9	29,5	33,5	32,9	35,3	31,2	33,6
01/agosto	31,7	27,6	45,0	41,3	33,1	34,1	32,4	33,1
02/agosto	29,0	31,1	36,0	40,7	53,1	40,4	40,5	37,0
03/agosto	25,1	27,1	40,0	38,3	42,2	45,0	40,9	42,9
04/agosto	24,2	26,0	38,1	40,6	41,5	46,6	33,7	33,8
05/agosto	38,3	40,0	42,7	43,3	53,3	52,0	48,7	46,2
06/agosto	38,8	34,5	39,1	39,0	45,5	44,0	31,8	28,0

Fonte: Do autor

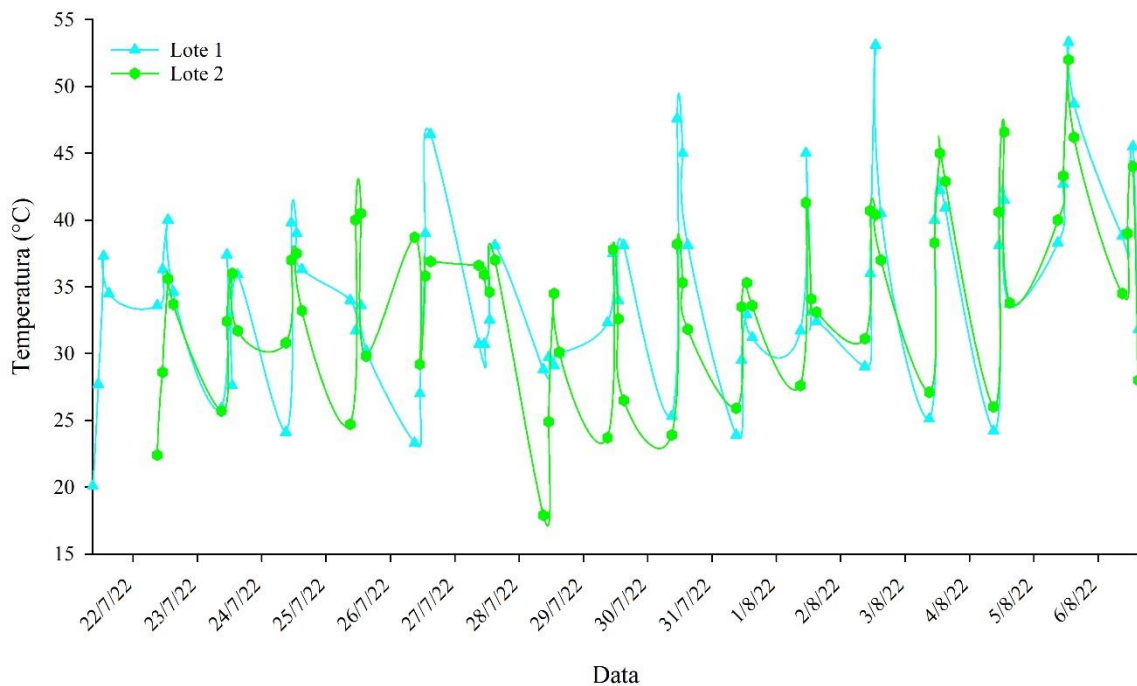


Figura 9. Temperaturas medidas na massa de café na secagem em terreiro de concreto. Fonte: Do autor

As variações de temperatura observadas na condição ambiente do terreiro também foram vistas na massa de grãos no terreiro. A temperatura média da massa de grãos do Lote 1 foi 35,07°C, e do Lote 2 foi de 34,41°C. Com temperatura mínima e máxima, respectivamente, de 20,1 e 53,3°C para o Lote 1 e de 17,9 e 52,0°C para o Lote 2. Nota-se que a partir do 12º dia de secagem, a massa de café atingiu temperaturas superiores a 40°C na massa de grãos, excedendo a temperatura recomendada para preservação da integridade das membranas celulares no processo de secagem (BORÉM; MARQUES; ALVES, 2008).

Além das temperaturas da massa ao longo do processo de secagem, também foram coletados dados de umidade relativa, estes estão apresentados na Tabela 5 e Figura 5.

Tabela 4. Umidade relativa (%) do ar na massa de grãos dos lotes secos em terreiro de concreto.

Data/Hora	09:00		11:00		13:00		15:00	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
21/julho	93	-	68	-	41	-	50	-
22/julho	77	75	27	57	22	44	40	34
23/julho	75	92	32	42	40	65	30	42
24/julho	97	54	23	28	23	58	28	58
25/julho	36	56	46	27	50	26	36	54
26/julho	54	36	51	60	35	52	20	21
27/julho	39	34	44	51	48	35	24	24
28/julho	47	81	54	58	50	41	33	29
29/julho	40	50	22	30	26	60	60	60
30/julho	99	67	18	22	19	30	20	45
31/julho	99	99	93	91	35	38	39	36
01/agosto	40	50	20	27	29	43	34	41
02/agosto	60	51	44	31	17	28	18	18
03/agosto	63	86	10	42	10	17	10	28
04/agosto	69	84	22	22	10	18	31	31
05/agosto	34	24	16	19	17	15	17	16
06/agosto	26	30	15	23	18	18	30	37

Fonte: Do autor

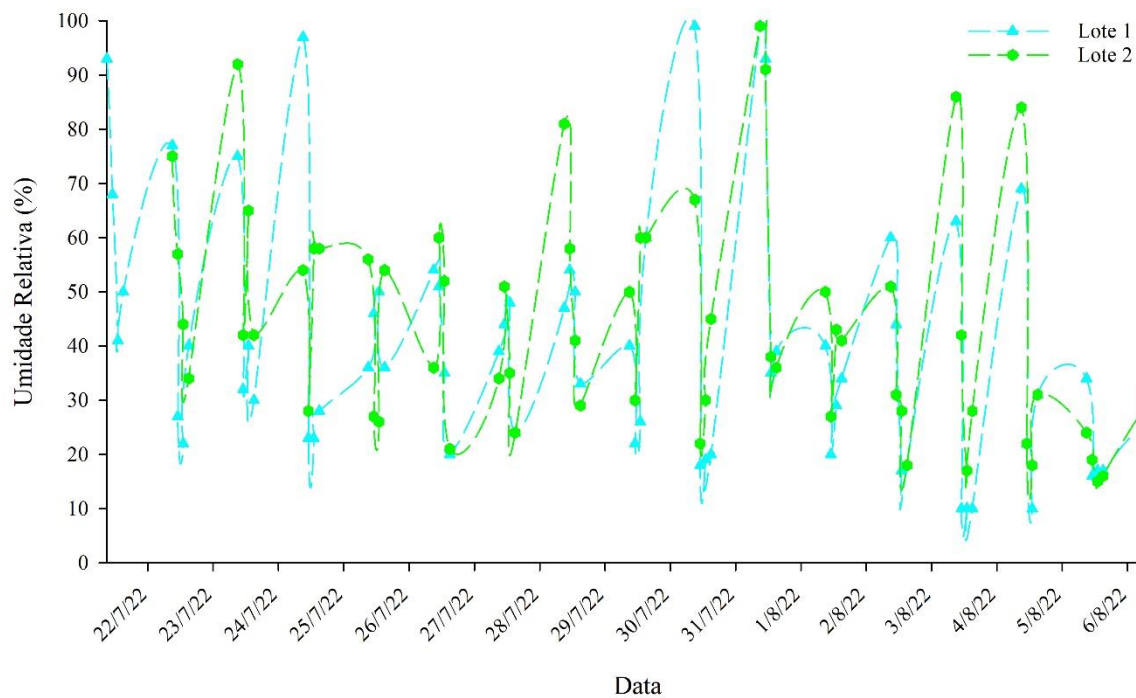


Figura 10. Umidades relativas medidas na massa de café na secagem em terreiro de concreto. Fonte: Do autor

Devido às oscilações de temperatura ao longo do dia, é observada também a variação na umidade relativa do ar em contato com a massa de café no terreiro. Os lotes apresentaram umidade relativa média de secagem de 39,16% e 43,14%, para o Lote 1 e Lote 2, respectivamente. No início do dia foram observadas umidades relativas maiores que a tarde, atingindo máxima de 99% e mínima de 10%.

A qualidade da bebida de café está intrinsecamente ligada às propriedades do ar durante o processo de secagem, com um foco especial na interação entre temperatura e umidade relativa. Variações nos valores dessas propriedades do ar resultam em diferentes taxas de secagem. Portanto, a qualidade final da bebida é influenciada pelo efeito conjunto do dano térmico e da velocidade de remoção de água. Em uma análise das propriedades do ar durante a secagem de cafés naturais, conduzida por Isquierdo et al. (2013), foi constatado que, para uma temperatura de secagem de 35°C, umidades relativas inferiores a 32,7% resultam em uma redução na qualidade sensorial.

5.4. Condições de temperatura na massa de grãos na secagem em secador caixa

A coleta de dados automática dos termômetros do secador foi feita a cada dois minutos, gerando aproximadamente 3600 aferições por termômetro em cada lote. O sistema foi regulado para manter a temperatura da massa em no máximo 40°C e mínimo 30°C, com temperatura de saída das fornalhas em no máximo 50°C e mínimo 45°C. Os dados observados foram utilizados para elaborar o gráfico de temperatura da massa, em cada lote, apresentado na Figura 5.

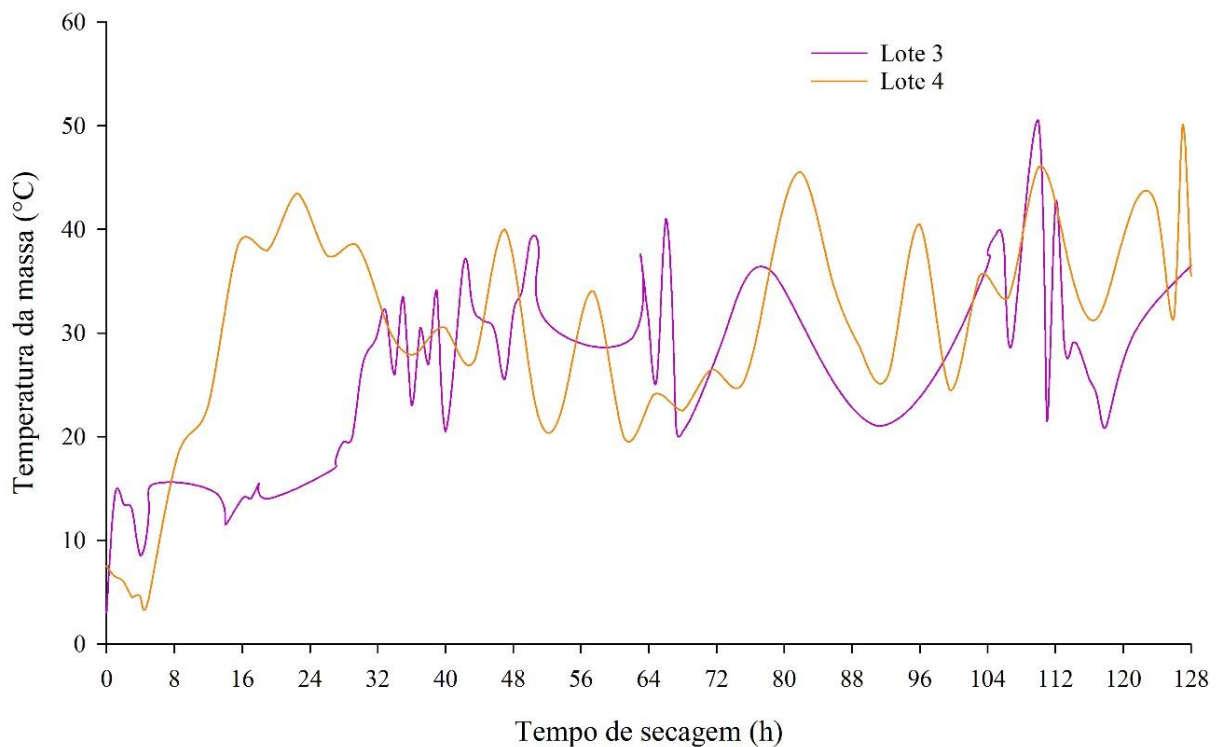


Figura 11. Temperaturas médias observadas para os lotes secos no secador de camada fixa.
Fonte: Do autor

Nota-se que no início do processo de secagem, a temperatura média da massa estava abaixo de 10°C. Isso ocorre porque o ar quente proveniente da fornalha entra em contato com a parte inferior da massa de grãos e imediatamente perde sua capacidade de aquecimento e evaporação devido ao alto teor de água na massa. À medida que as horas de secagem passam, o ar começa a aquecer toda a massa, deslocando a frente de secagem em direção à camada superior. Ao longo do processo de secagem, a temperatura média na massa de grãos no secador de camada fixa foi de 26,51°C para o Lote 3 e de 29,02°C para o Lote 4.

No entanto, é importante notar que as temperaturas na massa de grãos variaram entre 50 e 20°C, ultrapassando os limites definidos para o sistema. Destacando que a temperatura

máxima de secagem apropriada para a produção de cafés especiais é de 40°C, uma vez que acima desse valor ocorre a desnaturação de enzimas e a ruptura de células, o que provoca a oxidação de compostos precursores de aroma e sabor, afetando negativamente a qualidade sensorial do café (BORÉM; MARQUES; ALVES, 2008; MARQUES et al., 2008, SAATH et al., 2010).

Além disso, durante o processo de secagem dos lotes no secador, observou-se certa irregularidade na distribuição da umidade na massa. As amostras coletadas próximas à fornalha apresentaram o teor de água ideal de 11,8%, enquanto as camadas mais afastadas da fornalha registraram teores de água mais elevados, variando de 12 a 15%. Para resolver essa questão, após 128 horas de secagem, optou-se por armazenar o lote com a massa ainda quente e monitorar regularmente o teor de água, que se estabilizou em 11,5% em todo o lote, verificado por meio do teor de água pelo método padrão de estufa (BRASIL, 2009).

5.5. Quantidade de defeitos e classificação dos cafés

As quantidades médias de defeitos encontrados a cada 100 g de amostra dos cafés naturais secos em diferentes métodos estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 5. Unidade média de defeitos em 100 g de amostra de café beneficiado cru.

Método de secagem	Preto	Verde	Ardido	Quebrado	Concha	Chocho	Brocados
Terreiro de concreto	0,50 ^a	23,75 ^a	6,75 ^a	16,25 ^a	24,75 ^a	13,83 ^a	1,67 ^a
Secador de camada fixa	0,80 ^a	21,00 ^b	4,42 ^b	10,25 ^b	23,75 ^a	11,25 ^a	1,75 ^a

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott a 95% de significância. Fonte: Do autor

Conforme a análise de variância e o teste de médias de Scott-Knott (ANEXO), os métodos de secagem não diferiram quanto à quantidade de grãos concha, chocho, brocados e preto. Entretanto, a secagem em terreiro de concreto apresentou quantidade significativamente maior de grãos verdes, ardidos e quebrados que a secagem em secador de camada fixa.

Os defeitos concha é resultante da separação de grãos imbricados oriundos da fecundação de dois óvulos em uma única loja do ovário. Os grãos chochos apresentam formação incompleta constando-se com pouca massa e, às vezes, com a superfície enrugada. O defeito brocado é o grão danificado pela broca do café, apresentando um ou mais orifícios limpos ou sujos (BRASIL, 2003). Estes defeitos, são provenientes da cultivar e manejo de cultivo, não sendo influenciados pela pós-colheita. Contudo, o defeito preto, que também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, se origina da permanência do fruto na planta por

muito tempo, contato com o solo e fermentações indesejadas (REZENDE, 2013). Este é considerado o defeito mais grave dos grãos de café, sendo influenciado pelo manejo da pós-colheita.

Dentre os defeitos que apresentaram diferença significativa, os grãos verdes são grãos que não completaram seu estágio de maturação, ou seja, grãos imaturos. Os lotes de cafés submetidos à secagem no terreiro de concreto apresentaram maior quantidade destes defeitos, apesar da avaliação inicial de maturação dos lotes não ter diferido em quantidade de frutos maduros e verdes (Tabela 1).

A maturação do fruto ocorre na seguinte sequência, fruto verde, verde-cana e maduro. O fruto verde apresenta coloração verde e está imaturo. O fruto verde-cana são frutos que já alteraram sua coloração pois iniciaram a maturação, entretanto, não são frutos maduros. Conforme Watada et al. (1984), a maturação refere-se ao estágio fisiológico do desenvolvimento do fruto, resultando na maturidade fisiológica, momento a partir do qual o fruto continuará seu desenvolvimento mesmo separado da planta. Ao passo que o amadurecimento, trata-se de mudanças que tornam o fruto pronto para ser consumido. Na maturação do café, ocorrem mudança de cor, aroma e amolecimento do fruto, ou seja, a mudança de fruto verde para maduro (TAIZ & ZEIGER, 2004). O que pode ter ocorrido para essa diferença dos resultados, frutos no estágio verde-cana não foram contabilizados e, podem ter elevado o número de frutos e grãos verdes dos primeiros lotes (secagem em terreiro de concreto).

Porém, destaca-se a elevada quantidade de grãos com defeitos ardidos e quebrados nos lotes secos em terreiro de concreto, comparativamente aos secos em secador mecânico de camada fixa. Grãos quebrados são pedaço de grão, de forma ou tamanho variável (BRASIL, 2003), que podem ser originários devido à excesso de pressão nos grãos secos. A maior incidência de grãos quebrados no lote advindo da secagem em terreiro pode ser atribuída ao atrito dos grãos com as ferramentas de revolvimento e de amontoamento, e ao pisoteamento que ocorre no processo de secagem. Pois os cafés foram armazenados e beneficiados com 11,5%(b.u.) de teor de água, para os dois métodos de secagem. Este teor de água é indicado para estas operações, uma vez que não promove a quebra com a manipulação do produto.

Por fim, o defeito ardido é formado por grão ou pedaço de grão que apresenta a coloração marrom, em diversos tons, devido à ação de processos fermentativos (BRASIL, 2003). Apesar de seguir as técnicas apropriadas de revolvimento e espessura de camada para secagem de café natural em terreiro, ainda foram observados grãos decorrentes a processo fermentativos indesejáveis (ardidos). Estes provenientes em maior quantidade na secagem em

terreiro do que na secagem em secador, os grãos ardidos podendo ser oriundos de camadas mais espessas em regiões do terreiro durante a secagem ou falhas nos intervalos de revolvimento durante os primeiros dias. A presença de grãos ardidos altera o aspecto, a cor, a torração e a bebida do café (REZENDE, 2013).

A quantidade de defeitos encontrada nas amostras, pode ser utilizada para classificar os lotes quanto ao tipo. Este processo é importante para a comercialização dos lotes. A tipificação, de acordo com a IN n° 08/2023 do MAPA, para cada tratamento de secagem, está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Equivalência dos defeitos e tipificação dos lotes de café.

Método de secagem	Equivalência de defeitos em 300 g	Tipo
Terreiro de concreto	62,19 ^a	5-20
Secador de camada fixa	50,50 ^b	5-05

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott a 95% de significância. Fonte: Do autor

Os lotes de café natural com secagem em terreiro de concreto apresentaram equivalência de defeitos superior aos lotes de café secados em secador de camada fixa, conseqüentemente, a tipificação do lote também diferenciou. Os lotes secos no secador apresentaram tipificação de 5-05, melhor que os cafés secos em terreiro de concreto, que obtiveram tipificação 5-20.

5.6. Qualidade sensorial dos cafés

Após análise sensorial, foram obtidas as notas sensoriais dos lotes de cafés naturais secos em terreiro de concreto e secador caixa.

Tabela 7. Avaliação sensorial dos lotes de café natural.

Método de secagem	Nota sensorial
Terreiro de concreto	84,83 ^a
Secador de camada fixa	85,08 ^a
Média	84,96

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott a 95% de significância. Fonte: Do autor

Além da nota sensorial, os degustadores também apresentaram a descrição sensorial de aroma, sabor e acidez. Os lotes secos no terreiro de concreto tiveram predominância de acidez cítrica, frutas amarelas, caramelo e chocolate. Já os lotes secos em secador de camada fixa tiveram predominância sensorial de frutas vermelhas, morango e maior acidez.

Nota-se que, por meio da análise de variância e teste de médias (ANEXO), as notas sensoriais não diferiram entre si, devido ao método de secagem empregado. Todas as amostras foram classificadas como especial e apresentaram descrições de bebida fina. Quando o café é classificado como especial, indica que processos de escolha da genética da planta, ambiente de cultivo e técnicas agrícolas foram adequados para a produção de qualidade, com evidência às práticas de pós-colheita (RIBEIRO et al., 2016).

6. CONCLUSÕES

Mesmo com amplo controle de manejo de secagem no terreiro de concreto, foram observadas temperaturas pontuais superiores a 40°C, o que resultou em uma maior quantidade de defeitos ardidos, em comparação com os lotes submetidos à secagem em secador de camada fixa. Além disso, os revolvimentos constantes aumentam a presença de grãos quebrados nos lotes submetidos à secagem no terreiro de concreto.

Não foi encontrada diferença na nota sensorial devido ao método de secagem empregado no café natural. No entanto, as nuances de frutas vermelhas, como morango, e a maior acidez do café submetido à secagem em secador de camada fixa se diferenciam do perfil sensorial de acidez cítrica, frutas amarelas, caramelo e chocolate dos cafés secos no terreiro de concreto.

O investimento em equipamentos de secagem, como o secador de camada fixa, mostra-se tecnicamente viável para a secagem de café natural, uma vez que os cafés secos neste secador apresentaram menor quantidade de defeitos, e, conseqüentemente, melhor tipificação. Isso resulta em um preço de venda mais elevado para exportação ou em menores descontos devido à catação nas cooperativas.

Por fim, torna-se necessário a execução de um estudo com mais refino e condições mais apropriadas a fim de obter resultados mais consistentes e que permitam conclusões mais definitivas sobre as diferenças e viabilidade de cada método de secagem.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in central America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20, 2004., Bangalore. **Proceedings...** Bangalore-India: ASIC, 2004.
- ANDRADE, E. T.; LEMOS, I. A.; DIAS, C. A.; RIOS, P. A.; BORÉM, F. M. Mathematical modelling and immediate and latent quality of natural immature coffee under different drying conditions. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.5, p.630-638. 2019. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n5p630-638/2019>
- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTIS, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.279–286, 2014.
- BANDEIRA, R. D. C. C.; TOCI, A. T.; TRUGO, L. C.; FARAH, A. Composição volátil dos defeitos intrínsecos do café por CG/EM-headspace. **Química Nova**, São Paulo, v. 32 n. 2, p. 309-314, 2009.
- BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e processamento do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- BERBERT, P.A. **Secagem de café (*Coffea arabica L.*), em camada fixa, com inversão do sentido de ar**. Viçosa-MG: UFV,1991. 83 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa,1991.
- BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora da UFLA, 2008. p. 127-158
- BORÉM, F. M; ANDRADE, E. T. de. Processing and drying of coffee. In: HILL, C. L.; BORÉM, F. M. (Ed.). **Drying and roasting cocoa and coffee**. CRC Press, Boca Raton, 2020, cap. 6, p. 141- 170.
- BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, London, v. 99, p. 62-66, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.09.027>.
- BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R. Qualidade do café despulpado submetido a diferentes processos de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n.9, p.25-31, 2006.
- BRANDO, C.H.J. Harvesting and green coffee processing. In: BRANDO, C.H.J. (Ed.) **Coffee: growing, processing, sustainable production**, [S.I.]: Wiley, 2004. p. 605-714.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 8/2003**: Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Brasília, DF, 2003. 10 p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York, AVI Van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.

BURMESTER, K.; EGGERS, R. Heat and mass transfer during the coffee drying process. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 99, n. 4, p. 430-436, Aug. 2010.

CECAFÉ - CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal agosto 2023**. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Efeito de microrganismos na qualidade da bebida do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.1, p.21-26, 1997.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café, Brasília, DF, v. 10, n. 3 terceiro levantamento, setembro 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> Acesso em: 26 de setembro de 2023.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C; QUEIROZ, D. M.; SAMPAIO, C. P.; CARDOSO, J. B, Variation of characteristic dimensions and forms of coffee fruits during drying process. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000300014>

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **PIB do Agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>. Acesso em: 26 de setembro de 2023.

DA MATTA, F.M.; RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Universidade Federal de Viçosa, p.93-135. 2002.

DAMATTA, F. M. et al., Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.19, n. 4, p. 485-510. 2007.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

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>.

FREIRE, A. C. F.; MIGUEL, A. C. Rendimento e qualidade do café colhido nos diversos estádios de maturação em Varginha-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12.1985, Caxambu. **Resumos...**Rio de Janeiro: MIC/IBC,1985.p.210-214.

GUIMARÃES, E. R.; CASTRO JÚNIOR, L. G.; ANDRADE, H. C. C. A terceira onda do café em Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, 18(3), 214-227, 2016

HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: The AVI Publishing Company, 1980. 382 p.

ILLY, E. A saborosa complexidade do café. **Scientific American**, New York, v. 286, n.6, p. 48-53, 2002.

ISQUIERDO, E. P.; BORÉM, F. M.; ANDRADE, E. T. de; CORRÊA, J. L. G.; OLIVEIRA, P. D. de; ALVES, G. E. Drying kinetics and quality of natural coffee. **Transactions of the ASABE**, v. 56, n. 3, p.1003-1010. 2013.

LASSERAN, J. C. Princípios gerais da secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.3, b.3, p.17-45, 1978.

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

MALTA, M. R. Produção de café: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG. v.3, n.25, 1977.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. DE R.; OLIVEIRA, W. M. Composição físico química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial Café.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; FERREIRA, D. Qualidade sensorial do café de lavouras em conversão para o sistema de produção orgânico. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 775-783, 2008.

MALTA, M. R.; SILVA, F. A. M.; SANTOS, M. L. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro. In: III Simpósio de Pesquisa Cafeeira do Sul de Minas, 2002, Lavras. **Anais do III Simpósio de Pesquisa Cafeeira do Sul de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2002. v. I. p. 235-239.

MARQUES, E. R.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; BIAGGIONI, M. A. M. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetido a diferente períodos e temperaturas de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32. n. 5, p. 1557-1562, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500030> .

MONTEIRO, M. A. M. Caracterização da bebida de café (*Coffea arabica* L.): análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e testes afetivos. 2002. 158 p. **Tese** (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. New York: Marcel Dekker, 1995.

ONDIER, G. O.; SIEBENMORGEN, T. J.; MAUROMOUSTAKOS, A. Low-temperature, low-relative humidity drying of rough rice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.100, n.3, p.545-550, Oct. 2010.

PABIS, S.; JAYAS, D. S.; CENKOWSK, S. **Grain drying**: theory and practice. New York: J. Wiley, 1998. 303 p.

PARK, K. J.; BROD, F.P.R.; ALONSO, L.F.T. Secagem de produtos agrícolas. In: SEMANA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DA UNICAMP, 6, 1999. Campinas. **Anais...** Campinas: Agrológica – Empresa Júnior de Engenharia Agrícola, 1999. p. 41-55.

RABELO, M. H. S.; BORÉM, F. M.; LIMA, R. R.; ALVES, A. P. C.; PINHEIRO, A. C. M.; RIBEIRO, D. E.; SANTOS, C. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Impacts of quaker beans over sensory characteristics and volatile composition of specialty natural coffees. **Food Chemistry**. 342. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128304>

REZENDE, J. E. de. **Defeitos do café**. Série tecnológica cafeicultura, Emater-MG, 6 p. 2013.

REINATO, H. R., BORÉM, F. M., VILELA, R., CARVALHO, MEIRELES, P. Consumo de energia e custo de secagem de café cereja em propriedades agrícolas do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.6, n.1, p.112-116, 2002.

REINATO, C. H. R. **Secagem e armazenamento do café: aspectos qualitativos e sanitários**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

RIBEIRO, D. M. **Qualidade do café cereja descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem**. 2003, 86p. (Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO, D. E.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; PRADO, M. V. B.; FERRAZ, V. P.; ALVES, H. M. R.; TAVEIRA, T. H. da S. 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. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10832>.

RIBEIRO, F.C. **Métodos alternativos para armazenamento de cafés especiais**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Processamento de produtos agrícolas, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 107 p. 2013.

SAATH, R.; BORÉM, F. M.; ALVES, E.; TAVEIRA, J. H. S.; MEDICE, R.; CORADI, C. C. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34. n. 1, p. 196-203, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100025>.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; PÁDUA, T. S.; QUEIROZ, D. P. **Colheita do café mecanizada e semimecanizada**. p. 81. 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5805445/mod_resource/content/2/colheita%20caf%C3%A9%20-%20UFLA.pdf. Acesso em: 28 de setembro de 2023.

SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; DONAZELLES, S. M. L.; NOGUEIRA, R. M. Secagem e Secadores. In: SILVA, J. de S. (Ed.) **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, p.109-146, 2008

SILVA, J. de S. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 39-80

SILVA, J. de S.; LACERDA FILHO, A. F. Construção de secador para produtos agrícolas. **Informe técnico**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. v.41, 17 p. 1984.

SOUZA, S. M. C. Secagem de café com qualidade III-Secagem. **Circular Técnico**, Lavras, n.119, 4p., Jun. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artmed, p. 541-559. 2004.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; SABY, G. L. Terminology for the description of development stages of horticultural crops. **HortScience**, v.19, n.1, p.20-21, 1984.

WILLIAMS, A. A.; FERIA-MORALES, A.; KARI, P. Sensory and analytical examination of ground and cup coffee with particular reference to bean maturity. In: International scientific colloquium on coffee, Paipa: ASIC. **Anais...** Paipa, 1989. p.83-106.

ANEXO

Variável analisada: **CEREJA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	29.500000	9.833333	3.278	0.1407
erro	4	12.000000	3.000000		
Total corrigido	7	41.500000			
CV (%) =	1.95				
Média geral:	88.7500000	Número de observações:		8	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2

Erro padrão: 1,22474487139159

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
4	86.000000 a1	
1	88.000000 a1	
3	90.000000 a1	
2	91.000000 a1	

Variável analisada: **VERDE**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	3	29.500000	9.833333	3.278	0.1407
erro	4	12.000000	3.000000		
Total corrigido	7	41.500000			
CV (%) =	15.40				
Média geral:	11.2500000	Número de observações:		8	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2

Erro padrão: 1,22474487139159

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	9.000000 a1	
3	10.000000 a1	
1	12.000000 a1	
4	14.000000 a1	

Variável analisada: **DEFEITO VERDE**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

TRATAMENTO	1	22.687500	22.687500	9.918	0.0103
erro	10	22.875000	2.287500		

Total corrigido	11	45.562500			
-----------------	----	-----------	--	--	--

CV (%) =	6.76				
Média geral:	22.3750000	Número de observações:	12		

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6
 Erro padrão: 0,617454451761423

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	21.000000	a1
1	23.750000	a2

Variável analisada: **DEFEITO ARDIDO**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	16.333333	16.333333	9.032	0.0132
erro	10	18.083333	1.808333		

Total corrigido	11	34.416667			
-----------------	----	-----------	--	--	--

CV (%) =	24.08				
Média geral:	5.5833333	Número de observações:	12		

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6
 Erro padrão: 0,548988969733353

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	4.416667	a1
1	6.750000	a2

Variável analisada: **DEFEITO PRETO**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.270000	0.270000	0.900	0.3651
erro	10	3.000000	0.300000		

Total corrigido	11	3.270000			
-----------------	----	----------	--	--	--

CV (%) =	84.27				
Média geral:	0.6500000	Número de observações:	12		

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6
 Erro padrão: 0,223606797749979

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	0.500000	a1
1	0.800000	a1

Variável analisada: **DEFEITO CONCHA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	3.000000	3.000000	0.226	0.6447
erro	10	132.750000	13.275000		
Total corrigido	11	135.750000			
CV (%) =	15.02				
Média geral:	24.2500000	Número de observações:		12	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 1,48744747806435

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	23.750000	a1
1	24.750000	a1

Variável analisada: **DEFEITO QUEBRADO**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	108.000000	108.000000	13.211	0.0046
erro	10	81.750000	8.175000		
Total corrigido	11	189.750000			
CV (%) =	21.58				
Média geral:	13.2500000	Número de observações:		12	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 1,16726175299288

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	10.250000	a1
1	16.250000	a2

Variável analisada: **DEFEITO CHOCHO**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	20.020833	20.020833	4.286	0.0652
erro	10	46.708333	4.670833		
Total corrigido	11	66.729167			
CV (%) =	17.23				
Média geral:	12.5416667	Número de observações:		12	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 0,882310728837762

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	11.250000 a1	
1	13.833333 a1	

Variável analisada: **DEFEITO BROCADO**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.020833	0.020833	0.034	0.8583
erro	10	6.208333	0.620833		
Total corrigido	11	6.229167			
CV (%) =	46.12				
Média geral:	1.7083333	Número de observações:		12	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 0,32167098442698

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	1.666667 a1	
2	1.750000 a1	

Variável analisada: **EQUIVALENCIA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	410.085208	410.085208	31.658	0.0002
erro	10	129.537083	12.953708		
Total corrigido	11	539.622292			
CV (%) =	6.39				
Média geral:	56.3458333	Número de observações:		12	

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 1,46933705761778

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	50.500000 a1	
1	62.191667 a2	

Variável analisada: **NOTA**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.187500	0.187500	0.529	0.4835
erro	10	3.541667	0.354167		
Total corrigido	11	3.729167			

CV (%) = 0.70
Média geral: 84.9583333 Número de observações: 12

Teste Scott-Knott (1974) para a FV TRATAMENTO NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6
Erro padrão: 0,242956328951887

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	84.833333	a1
2	85.083333	a1
