

## OTIMIZAÇÃO SIMULTÂNEA DAS VARIÁVEIS DA QUALIDADE DO CAFÉ DURANTE O ARMAZENAMENTO<sup>1</sup>

Giselle Figueiredo de Abreu<sup>2</sup>; Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa<sup>3</sup>; Marcelo Ângelo Cirillo<sup>4</sup>, Marcelo Ribeiro Malta<sup>5</sup>; Cristiane Carvalho Pereira<sup>6</sup>; Flávio Meira Borém<sup>7</sup>, Pedro Henrique Assis Sousa<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio Pesquisa Café, Embrapa Café e INCT Café.

<sup>2</sup> Professora do UNICERP – Patrocínio, Patrocínio-MG, [gfigueiredoabreu@hotmail.com](mailto:gfigueiredoabreu@hotmail.com)

<sup>3</sup> Pesquisadora, Embrapa Café, Lavras-MG, [sttela.rosa@embrapa.br](mailto:sttela.rosa@embrapa.br)

<sup>4</sup> Professor, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, [mcufla@gmail.com](mailto:mcufla@gmail.com)

<sup>5</sup> Pesquisador EPAMIG, Lavras-MG, [marcelomalta@epamig.ufla.br](mailto:marcelomalta@epamig.ufla.br)

<sup>6</sup> Pesquisadora, Grupo Fertiláqua, Cuiabá-MT, [alineagrolavras@gmail.com](mailto:alineagrolavras@gmail.com)

<sup>7</sup> Doutoranda <sup>7</sup>Doutoranda Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, [cristianecpe@gmail.com.br](mailto:cristianecpe@gmail.com.br)

<sup>8</sup> Professor titular, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, [flavioborem@deg.ufla.br](mailto:flavioborem@deg.ufla.br)

<sup>7</sup> Mestrando, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, [pedrohenriqueassissousa@gmail.com](mailto:pedrohenriqueassissousa@gmail.com)

**RESUMO:** Objetivou-se neste trabalho aplicar a metodologia de delineamento de experimentos de otimização de variáveis relacionadas aos efeitos do ar refrigerado na conservação da qualidade de grãos de café. Frutos de *Coffea arabica* L. foram colhidos no estágio de maturação cereja, processados por via úmida ou por via seca e secados até atingirem 11% de teor de água. Parte dos grãos foi beneficiada e parte não foi beneficiada antes de serem armazenados em duas condições de ambiente: em ar refrigerado a 10°C e umidade relativa de 50% e em 25°C sem controle da umidade relativa do ar. Nos períodos de 3, 6 e 12 meses, foram retiradas amostras para avaliação da qualidade. Concluiu-se que a temperatura de 10 °C é favorável à conservação de grãos de café, independentemente do método de processamento e do beneficiamento. Temperatura de 10°C e período de armazenamento de sete meses é a combinação ideal obtida pela otimização simultânea para a conservação do café natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arabica* L., cafés especiais, qualidade sensorial, qualidade fisiológica.

### SIMULTANEOUS OPTIMIZATION OF COFFEE QUALITY VARIABLES DURING STORAGE

**ABSTRACT:** The objective of the present study was to apply the experimental design methodology of optimization of variables that are associated with the effects of refrigerated air in conserving the quality of coffee beans. *Coffea arabica* L. fruits were harvested in the ripe stage of maturation, processed using wet and dry methods, and dried to 11% moisture content. Part of the beans was milled, while the other part was milled only after the beans were stored under two different environmental conditions: in air cooled to 10°C with 50% relative humidity; and at 25°C without controlling the relative humidity. Samples were taken at 3, 6, and 12 months in order to evaluate quality. The results showed that a temperature of 10°C is favorable for conserving the quality of coffee beans, regardless of processing type and milling. The optimal combination obtained for the conservation of natural coffees is a temperature of 10°C and a storage period of seven months.

**KEY WORDS:** *Coffea arabica* L., specialty coffee, sensory analysis, physiological analysis.

### INTRODUÇÃO

A comercialização dos grãos de café é baseada na qualidade sensorial, a qual é condicionada a fatores genéticos, ambientais e tecnológicos, tais como o processamento e armazenamento, fatores estes que influenciam na composição química do grão cru (KNOPP et al., 2006; RIBEIRO et al., 2011). Os grãos de café são convencionalmente beneficiados e armazenados em locais sem o controle de temperatura e umidade relativa, favorecendo o processo de deterioração, com perdas na qualidade sensorial. Neste processo pode ocorrer oxidação de proteínas e lipídeos presentes nos endospermas (RENDÓN et al., 2013; SELMAR et al., 2008).

Sendo assim, a refrigeração da massa de grãos pode ser alternativa para prolongar o período de armazenamento, garantindo a manutenção da qualidade, uma vez que condições favoráveis do ar são importantes para reduzir o processo deteriorativo em grãos armazenados (QUIRINO et al., 2013; RIGUEIRA et al., 2009; SAATH et al., 2014). Porém, é difícil analisar o efeito individual ou em conjunto dos fatores envolvidos na qualidade dos grãos armazenados com as técnicas de estatísticas usualmente utilizadas, uma vez que cada variável pode apresentar escalas e objetivos diferentes.

Segundo Carneiro et al. (2005) o emprego da função de desejabilidade, utilizada na técnica de otimização de respostas simultâneas (DERRINGER & SUICHI, 1980), como uma alternativa por determinar a melhor combinação dos fatores estudados. Esta técnica considera a importância relativa de cada variável frente a vários critérios intrínsecos, bem como as condições de operação e/ou restrições sobre as respostas.

Dessa forma, objetivou-se utilizar a metodologia de delineamento de otimização simultânea para determinar a melhor combinação de tempo e condições de armazenamento para a conservação de grãos de café.

## MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas em grãos de *Coffea arabica* L. cv Catuaí Amarelo, obtidos em campos de produção da Fazenda Experimental da Fundação Procafé, Varginha, MG, 940 metros de altitude da safra agrícola 2012/2013. Os frutos de café foram colhidos no estágio de maturação cereja e uma parte dos frutos foi processada por via seca (café natural) e outra parte foi processada por via úmida (café despulpado).

O café natural foi secado até 30% b.u. e o despulpado até 25% b.u., em telas suspensas. A partir da meia-seca, os grãos foram transferidos para secadores mecânicos de camada fixa, onde a temperatura da massa de grãos foi mantida em 35 °C, até que os grãos atingissem o teor de água de 11 % (base úmida). Após a secagem, parte dos grãos foi beneficiada mecanicamente e outra parte foi armazenada sem beneficiar. Os grãos foram acondicionados em sacos permeáveis e armazenados em dois ambientes, câmara fria (10 °C, 50% UR) e em ambiente a 25 °C sem o controle da umidade relativa. Em cada período de avaliação os cafés armazenados sem beneficiar, foram beneficiados manualmente para evitar danos. Os grãos foram submetidos à avaliação sensorial, fisiológica e química, aos 3, 6 e 12 meses de armazenamento.

*Análise sensorial:* realizada por juízes certificados pela SCA, utilizando o protocolo da Associação de Cafés Especiais (SCA), de acordo com metodologia proposta por Lingle (2011) para avaliação sensorial de cafés especiais.

*Condutividade elétrica e lixiviação de potássio:* realizadas nos grãos crus, segundo a adaptação da metodologia proposta por Prete (1992), com a utilização de duas amostras de grãos de cada tratamento e um período de embebição de 5 horas. Expressou-se o resultado de condutividade elétrica em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de grãos e a quantidade de potássio lixiviado em ppm.

*Teste de germinação:* realizada em quatro repetições de 50 grãos sem os pergaminhos, em folhas de papel para germinação, umedecidas com água destilada, em germinador, regulado à temperatura de 30 °C. A avaliação foi realizada aos 30 dias da semeadura, expressando-se os resultados em porcentagem de plântulas normais, segundo as prescrições das RAS (BRASIL, 2009).

*Teste de tetrazólio:* realizado em quatro repetições de 25 embriões, de acordo com metodologia proposta por CLEMENTE et al. (2012). Os resultados foram expressos em porcentagem de embriões viáveis.

*Acidez titulável total:* foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, adaptando-se a metodologia da Association of Official analytical chemists - AOAC (1990). O resultado foi expresso em ml de NaOH 0,1N, por 100g de amostra.

*Açúcares totais:* utilizou-se o método da Antrona (DISCHE, 1962), sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

*Atividade enzimática da polifenoloxidase:* Determinada segundo método adaptado por Carvalho et al. (1994), sendo os resultados expressos em  $\text{u}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra.

*Metodologia estatística:* Os dados foram submetidos à técnica de otimização de resposta simultânea para cada processamento (natural e despulpado) e beneficiamento (beneficiado ou não) separadamente, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em esquema fatorial 2 x 3, sendo duas condições de armazenamento (10 °C e 50% de UR; e 25 °C) e três períodos de armazenamento (três, seis e doze meses). Considerou-se o modelo de regressão quadrático ajustado em função das respostas médias, obtidas de três repetições. Com essas especificações, a equação do modelo é dada por meio dos valores paramétricos a serem estimados, representados pelos coeficientes  $\beta$ , conforme Equação 1.

$$y_j = \beta_0 + \beta_1 E_i + \beta_2 T_k + \beta_{11} E_i^2 + \beta_{22} T_k^2 + \beta_{12} E_i T_k + \xi_{ik}, \text{ sendo} \quad (1)$$

$i= 3, 6$  e  $12$  meses (níveis do fator tempo de armazenamento);  $k=10$  °C e  $25$  °C (níveis do fator temperatura);  $y_j = a$  resposta média obtida de três repetições para a  $j$ -ésima variável dependente, sendo essas, descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das variáveis e objetivos a serem alcançados por meio da otimização de respostas simultâneas.

| Variáveis ( $y_{ij}$ )                       | Objetivos |
|--|-----------|
| Porcentagem de germinação                    | Máximo    |
| Porcentagem de embriões viáveis (Tetrazólio) | Máximo    |
| Condutividade elétrica                       | Mínimo    |
| Lixiviação de potássio                       | Mínimo    |
| Nota final da análise sensorial              | Máximo    |
| Atividade da polifenoloxidase                | Máximo    |
| Acidez titulável total                       | Mínimo    |
| Açúcares totais                              | Máximo    |

Tendo por base o modelo (Eq. 1), foi ajustada, para cada variável dependente, a melhor combinação entre os níveis de tempo e de temperatura de armazenamento que atendessem aos objetivos desejados em cada variável (Tabela 1). Para isso, utilizou-se o procedimento de otimização de respostas simultâneas proposto por Derringer & Suich (1980), no qual se considera a função “desejável” representada por  $D$  (Eq. 2), sendo essa obtida por meio da média geométrica das estimativas  $d_j$  ( $j=1,\dots,p$ ) (Eq. 3), onde  $p$  é o número total de variáveis.

$$D = \left( \prod_{j=1}^p d_j \right)^{1/p} \text{ sendo } d_j \quad (2)$$

$$d_j = \begin{cases} 0, & \hat{y}_j < y_{jL} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{jL}}{y_{jT} - y_{jL}}, & y_{jL} < \hat{y}_j < y_{jT} \\ \frac{y_{jU} - \hat{y}_j}{y_{jU} - y_{jT}}, & y_{jT} < \hat{y}_j < y_{jU} \\ 0, & \hat{y}_j > y_{jU}, \text{ em que,} \end{cases} \quad (3)$$

$\hat{y}_j$  corresponde ao valor predito da j-ésima resposta;  $y_{jT}$  indica um valor específico para a j-ésima resposta de interesse;  $y_{jL}$  indica o menor valor que a função desejável assumirá ( $y_{jL} < y_{jT}$ );  $y_{jU}$  refere-se ao maior valor que a função desejável assumirá ( $y_{jT} < y_{jU}$ ).

Essa função visa converter um problema de várias respostas em uma única resposta, por meio de um procedimento de normalização. Seguindo esse procedimento, considerando-se uma escala de 0 a 1, dado  $j=1, \dots, p$  variáveis, a interpretação da função desejável, representada pelo índice  $d_j$  em cada variável resposta. Assim, o valor mínimo assumido por  $d_j = 0$  permite concluir que o ponto ótimo pesquisado é indesejável. No caso,  $d_j = 1$  o ótimo é considerado desejável ou satisfatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Otimização da combinação de fatores considerando as variáveis para o café despulpado

Em consonância com a metodologia de otimização de respostas simultâneas foram determinados, para cada variável dependente, os limites de especificação, tendo como referência os valores máximos e mínimos obtidos na realização do experimento, com estratificação em três níveis de valores (alto, médio e baixo).

Dependendo do objetivo de cada variável, conforme especificado na Tabela 1, foram selecionados os níveis desejáveis, sejam estes altos ou baixos. Desta forma, encontram-se descritos na Tabela 2, os limites e as estimativas dos coeficientes de determinação do modelo ajustado para cada variável, aplicados ao café despulpado armazenados com e sem beneficiamento, considerando o efeito de interação entre os fatores tempo e temperatura de armazenamento.

A combinação ótima entre os níveis de tempo e de temperatura de armazenamento, obtida com a aplicação da técnica de otimização de respostas simultâneas, foi dada de modo que as estatísticas de ajuste mencionadas em (Eq. 2) e (Eq. 3) apresentassem resultados próximos ao valor unitário. Desta forma, o procedimento de otimização simultânea foi realizado avaliando-se inúmeros cenários entre as variáveis com bom indicativo de ajuste (Tabelas 2), para o café despulpado armazenado após beneficiamento e sem beneficiamento. Assim, os resultados que proporcionaram valor máximo do índice global de ajuste, denotado pela estatística D (Eq. 2), encontram-se descritos na Tabela 3.

Conforme os resultados na Tabela 3, para o café despulpado e armazenado sem beneficiamento, não há evidências estatísticas para recomendar níveis ótimos de tempo e de temperatura de armazenamento, uma vez que, a estatística  $D=0,40$ . Tal fato é justificado pela falta de ajuste do modelo quadrático à variável sensorial (Tabela 3).

No tocante aos resultados do café despulpado e armazenado após beneficiamento, a combinação entre os níveis de tempo e de temperatura de armazenamento, que satisfaz a otimização simultânea, foi estimada em 3 meses e temperatura de 10 °C. Isso indica que as condições de refrigeração no armazenamento são adequadas para a otimização da qualidade sensorial, fisiológica e química dos grãos de café despolpados com estas características iniciais.

Com relação ao tempo de armazenamento adequado para otimizar as características de qualidade dos cafés, além dos fatores ambientais, a própria qualidade inicial pode, também, influenciar na conservação da qualidade. Nesta pesquisa observou-se que o método de beneficiamento mecânico causou danos aos grãos, reduzindo a qualidade inicial antes do armazenamento e contribuindo para o menor tempo de armazenamento seguro para o café armazenado após o beneficiamento.

Tabela 2. Limites de especificação e coeficientes de determinação das regressões quadráticas ( $R^2$ ) utilizados no procedimento de otimização simultânea, ajustados para cada variável mensurada na avaliação do café despulpado.

| Variáveis ( $y_{ij}$ )       | Café Beneficiado    |                     |           | Café Sem beneficiamento |                     |           |
|------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|-------------------------|---------------------|-----------|
|                              | Limites             |                     |           | Limites                 |                     |           |
|                              | Mínimo ( $y_{iL}$ ) | Máximo ( $y_{iU}$ ) | $R^2$ (%) | Mínimo ( $y_{iU}$ )     | Máximo ( $y_{iU}$ ) | $R^2$ (%) |
| Germinação (%)               | -                   | -                   | -         | 62,33                   | 93,50               | -         |
| Embriões viáveis (%)         | 20,00               | 29,00               | -         | 70,30                   | 99,00               | -         |
| Cond.elétrica <sup>(1)</sup> | 70,50               | 100,00              | 99,03     | 15,16                   | 20,54               | 44,87     |
| Lixiv. K (ppm)               | 19,66               | 34,54               | 87,52     | 8,80                    | 10,18               | 87,18     |
| Sensorial                    | 78,62               | 81,25               | 70,04     | 79,90                   | 81,38               | 25,10     |
| Polifenol. <sup>(2)</sup>    | 36,34               | 37,35               | 89,24     | 40,97                   | 43,13               | 81,94     |
| Ac.titulável <sup>(3)</sup>  | 185,00              | 193,30              | 73,35     | 130,00                  | 143,30              | 91,43     |
| Açúcares (%)                 | 6,40                | 7,15                | 96,57     | 7,84                    | 8,16                | 80,82     |

<sup>(1)</sup>  $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de grãos; <sup>(2)</sup> U.min-1.g-1 de massa seca; <sup>(3)</sup> ml NaOH.100g<sup>-1</sup> amostra.

Tabela 3. Resumo dos resultados referentes às funções desejáveis para cada variável (d) e a função desejável global (D) obtidas com a execução do procedimento de otimização simultânea aplicada às variáveis dependentes relacionadas ao café despulpado.

| Variáveis              | Beneficiado          |      | Sem beneficiamento          |      |
|------------------------|----------------------|------|-----------------------------|------|
|                        | $\hat{d}$            | D    | $\hat{d}$                   | D    |
| Condutividade elétrica | 73,22                | 0,90 | 18,71                       | 0,33 |
| Açúcares totais        | 7,01                 | 0,75 | 7,96                        | 0,38 |
| Análise sensorial      | 80,27                | 0,81 | 79,52                       | 0,50 |
| Níveis ótimos          | Beneficiado (D=0,82) |      | Sem beneficiamento (D=0,40) |      |
| Armazenamento          | 3 meses              |      | (6,7) 7 meses               |      |
| Temperatura            | 10 °C                |      | 10 °C                       |      |

Por meio de pesquisas tem sido demonstrado que após o beneficiamento dos grãos de café, ocorre redução da viabilidade mais rapidamente, quando comparado aos grãos armazenados intactos e protegidos pelos pergaminhos (parte remanescente do fruto) (RENDÓN et al., 2013; SELMAR et al., 2008). Uma das hipóteses para explicar este fato é o estresse mecânico ao qual os grãos são submetidos durante o beneficiamento, resultando em lesões que são posteriormente responsáveis pelo mais rápido declínio da viabilidade dos grãos. Os autores concluíram que para preservar a qualidade do café processado por via úmida, recomenda-se o armazenamento com o pergaminho.

Contudo, é importante ressaltar que nas pesquisas citadas, as variáveis foram analisadas independentemente, não se buscando a otimização dos resultados procedimento de otimização de respostas simultâneas adotado neste trabalho.

## 2. Otimização da combinação de fatores considerando as variáveis para o café natural.

Os limites de especificação das análises das variáveis e as estimativas do modelo de regressão quadrático do café natural armazenado encontram-se descritos na Tabela 4, considerando o efeito de interação entre tempo e temperatura de armazenamento ajustada para cada variável mensurada nas análises. Novamente, as variáveis que apresentaram baixos índices de qualidade de ajuste não foram consideradas no procedimento de otimização. Além disso, adotou-se o critério de escolha das mesmas variáveis para o café natural com e sem beneficiamento.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 5, a combinação dos níveis de tempo e de temperatura de armazenamento que satisfaz a otimização simultânea para o café natural armazenado com e sem beneficiamento corresponde a sete meses de armazenamento e temperatura de 10 °C (com refrigeração). Nota-se que o coeficiente de determinação do modelo de regressão quadrático ajustado para a variável Análise Sensorial (Tabela 4) apresentou um valor razoável que justifica seu ajuste. Entretanto, ao realizar o procedimento de otimização, na presença das variáveis (Tabela 5), a estatística D apresentou valores próximos ao máximo, justificando sua presença na determinação da combinação ótima para o café natural.

Tabela 4. Limites de especificação e coeficientes de determinação das regressões quadráticas ( $R^2$ ) utilizados no procedimento de otimização simultânea, ajustados para cada variável mensurada na avaliação do café natural.

| Variáveis ( $y_{ij}$ )                | Café Beneficiado    |                     |           | Café Sem beneficiamento |                     |           |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|-------------------------|---------------------|-----------|
|                                       | Limites             |                     | $R^2$ (%) | Limites                 |                     | $R^2$ (%) |
|                                       | Mínimo ( $y_{jL}$ ) | Máximo ( $y_{jU}$ ) |           | Mínimo ( $y_{jL}$ )     | Máximo ( $y_{jU}$ ) |           |
| Germinação (%)                        | -                   | -                   | -         | 38,00                   | 57,00               | -         |
| Embriões viáveis (%)                  | 48,00               | 58,00               | -         | 64,00                   | 96,00               | -         |
| Condutividade elétrica <sup>(1)</sup> | 64,12               | 84,47               | 88,74     | 33,80                   | 42,22               | 83,08     |
| Lixiv. K (ppm)                        | 21,83               | 28,71               | 90,89     | 12,50                   | 15,11               | 94,77     |
| Sensorial                             | 78,41               | 80,50               | 88,06     | 79,91                   | 82,50               | 58,24     |
| Polifenoxidase <sup>(2)</sup>         | 35,31               | 36,13               | 46,47     | 38,66                   | 39,93               | 78,58     |
| Acidez titulável total <sup>(3)</sup> | 175,00              | 188,30              | 72,43     | 155,00                  | 165,80              | 80,04     |
| Açúcares totais (%)                   | 6,93                | 7,83                | 85,94     | 7,35                    | 8,26                | 98,14     |

<sup>(1)</sup>  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de grãos; <sup>(2)</sup> U.min-1.g-1 de massa seca; <sup>(3)</sup> ml NaOH.100g<sup>-1</sup> amostra.

Tabela 5. Resumo dos resultados referentes às funções desejáveis para cada variável (d) e a função desejável global (D) obtidas com a execução do procedimento de otimização simultânea aplicado às variáveis dependentes relacionadas ao café natural armazenado.

| Natural           |                      |      |  |                             |      |
|-------------------|----------------------|------|--|-----------------------------|------|
| Variáveis         | Beneficiado          |      |  | Sem beneficiamento          |      |
|                   | $\hat{y}$            | D    |  | $\hat{y}$                   | D    |
| Lixiviação de K   | 21,72                | 1,00 |  | 12,49                       | 1,00 |
| Açúcares totais   | 7,38                 | 0,93 |  | 8,47                        | 1,00 |
| Análise sensorial | 78,22                | 0,77 |  | 79,55                       | 0,51 |
| Níveis ótimos     | Beneficiado (D=0,89) |      |  | Sem beneficiamento (D=0,80) |      |
| Armazenamento     | 6,7 meses            |      |  | 6,8 meses                   |      |
| Temperatura       | 10 °C                |      |  | 10°C                        |      |

Uma vez que a combinação ótima dos níveis de fatores foi a mesma para o café natural, independentemente dos grãos serem armazenados sem ou com beneficiamento, pode ser recomendado o armazenamento do café natural beneficiado, uma vez que o beneficiamento dos grãos proporciona redução do volume de café a ser transportado e armazenado.

Estes resultados aqui observados tanto para o café despulpado quanto para o café natural corroboram aos encontrados por diversos autores que comprovaram que o armazenamento em ambiente resfriado contribui para a manutenção da qualidade dos grãos, sendo eficaz na preservação das características qualitativas iniciais do café (AFONSO JÚNIOR et al., 2006; RIGUEIRA et al., 2009).

## CONCLUSÕES

1. O uso da metodologia de resposta simultânea é viável para determinar as condições ideais de armazenamento sob refrigeração, por ser flexível e contemplar o modelo experimental em diferentes objetivos de otimização.
2. A temperatura de 10 °C e período de armazenamento de sete meses para café natural e três meses para o café descascado constituem a combinação obtida pela otimização simultânea visando à preservação da qualidade.
3. Independentemente do método de processamento e beneficiamento, a temperatura de 10 °C é favorável à preservação da qualidade dos grãos de café.

## AGRADECIMENTOS

À UFLA, CAPES, FAPEMIG, CNPq e Fundação Procafé.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; BOTELHO, F.M. Secagem, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes do cafeeiro. *Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café*, p.67-82, 2006. *Especial Café*.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15th ed. Washington, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras de análises de sementes*. Brasília, 2009. 147 p.
- CARNEIRO, R.L.; SILVA, R.S.S.F.; BORSATO, D.; BONA, E. Métodos de gradiente para otimização simultânea: Estudo de casos de sistemas alimentares. *Semina: Ciências Agrárias*, v.26, p.353-362, 2005.
- CARVALHO, V.D. de; CHAGAS, S.J.de R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade da bebida do café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar. 1994.
- CLEMENTE, A. C. S.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R.M. Suitability of the tetrazolium test methodology for recently harvested and stored coffee seeds. *Ciência e Agrotecnologia*, v.36, p.415-423, 2012.
- DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response Variables. *Journal of Quality Technology*, v.12, p.214-219, 1980.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfran, M. L. (Ed.). *Carbohydrates chemistry*. New York: Academic Press. v.1, p.477-512, 1962.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Green coffee: determination of loss mass at 105°C: ISO 6673:2003*. Switzerland, 1999.
- KNOPP, S., BYTOF, G., SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. *European Food Research and Technology*, v.223, p.195–201, 2006.
- LINGLE, T. R. *The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of Coffee's Flavor*. 7th ed. Long Beach California: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.
- PRETE, C. E. C. Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1992. 125p. Tese Doutorado.
- QUIRINO, J.R.; MELO, A.P.C.; VELOSO, V.R.S.; ALBERNAZ, K.C.; PEREIRA, J.M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. *Bragantia*, v.72, p.378-386, 2013.
- RENDÓN, M. Y.; SALVA, T. J. G.; BRAGAGNOLO, N. Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. *Food Chemistry*, v.147, p.279- 286, 2013.
- RIBEIRO, F. C., BORÉM, F. M., GIOMO, G. S., LIMA, R. R., MALTA, M. R., FIGUEIREDO, L. P. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO<sub>2</sub>. *Journal of Stored Products Research*, v.47, p.341-348, 2011.
- RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A.F.; VOLK, M.B.S.; CECON, P.R. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. *Engenharia na Agricultura*, v.17, p.323-333, jul./ago. 2009.
- SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S. E. The storage of green coffee (*Coffea arabica* L.): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. *Annals of Botany*, v.101, p.31-38, 2008.