



JÚLIA LIMA BAUTE

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSAMENTO DE
IMAGENS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA EM
SEMENTES DE *Coffea arabica* L.**

**LAVRAS–MG
2020**

JÚLIA LIMA BAUTE

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSAMENTO DE
IMAGENS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA EM
SEMENTES DE *Coffea arabica* L.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Pesq. Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Orientadora

Pesq. Dra. Stefânia Vilas Boas Coelho
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2020**

JÚLIA LIMA BAUTE

**VIABILIDADE DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS NA
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
CAFÉ**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em

Pesq. Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Orientadora

Pesq. Dra. Stefânia Vilas Boas Coelho
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2020**

Dedico ao meu pai, Fernando (In memoriam).

À minha mãe Valéria, meus irmãos, Nayara e Juliano e ao meu namorado, Mateus.

A todos que trabalham comigo e me auxiliaram na criação desse projeto.

RESUMO

Entre as diversas práticas agrícolas presentes no território nacional, a cafeicultura apresenta-se como um dos principais ramos do segmento. A propagação do cafeeiro é dependente da sementeira de sementes de qualidade para obtenção de mudas vigorosas. Para tal fim, a análise da qualidade fisiológica das sementes é fundamental e pode ser realizada por meio de testes e dentre eles, o de germinação e o teste de tetrazólio que são amplamente utilizados. Porém, são testes trabalhosos, demorados e possuem interferência dos analistas. A avaliação da qualidade fisiológica das sementes por meio da análise de imagens pode ser uma alternativa. A análise de imagens é um método promissor, não destrutivo, rápido e não subjetivo quando comparado a um teste tradicional. O objetivo da pesquisa foi investigar a viabilidade do processamento de imagens na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Coffea arabica* L e *Coffea canephora* Pierre, com a utilização do sistema GroundEye®. O trabalho será realizado no Laboratório Central de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Serão utilizadas sementes da safra 2021, da espécie *Coffea arabica* L., de três cultivares diferentes da espécie, Catuaí amarelo 62, Mundo Novo e Arara. Para as análises realizadas, o delineamento será inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x15, sendo 3 cultivares e 15 avaliações das imagens capturadas em intervalos de três dias, com quatro repetições. No início se pensou em fazer uma revisão dos estudos de análise de imagem em sementes em geral e, especificamente, em sementes de café. Mas a ideia evoluiu para escrever um projeto de pesquisa de análise de imagem para café, baseado nos trabalhos já realizados por outros pesquisadores.

Palavras-chave: Café arábica; Análise de imagens; Qualidade fisiológica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1 Cafeicultura e sua importância.....	8
2.2 Qualidade fisiológica de sementes de café.....	8
2.3 Testes fisiológicos comumente utilizados.....	9
2.3.1 Teste de germinação.....	9
2.3.2 Tetrazólio.....	10
2.4 Análise de imagens digitais de plântulas	11
3. OBJETIVOS.....	13
4. METAS.....	13
5. HIPÓTESES.....	13
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
7. EQUIPE ENVOLVIDA NO PROJETO	16
8. REFERÊNCIAS.....	16

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma prática de grande relevância nacional e internacional, visto que a mesma contribui com a movimentação do capital, além da geração de empregos. O Brasil é o maior produtor mundial de café (CONAB, 2021), e, diante disso, nota-se sua importância no cenário econômico nacional, já que a atividade agrícola auxilia no desenvolvimento de diversas regiões do país.

O sucesso na prática da cafeicultura depende da obtenção de sementes de qualidade e está condicionado aos cuidados com a lavoura, desde sua implantação, por meio das mudas vigorosas, até o beneficiamento do produto final. Neste contexto, a análise da qualidade fisiológica das sementes é de extrema importância para a certificação de mudas de qualidade que formarão lavouras mais robustas e produtivas.

A avaliação da qualidade das sementes pode ser feita de diversas maneiras (BRASIL, 2009), desde testes laboratoriais, como os testes de germinação e teste de tetrazólio, que são mais trabalhosos, demorados e possuem interferência dos analistas, mas também por meio da análise de imagens em algumas culturas, que utiliza da automação de softwares para a geração de diferentes dados, formação de tabelas, gráficos e histogramas.

A avaliação da qualidade das sementes de café por meio do teste de germinação é demorada, levando 30 dias para a obtenção do resultado final. Além disso, é necessária a experiência de um técnico de laboratório para realizar as avaliações adequadamente. A avaliação da qualidade das sementes por meio da análise de imagens, além de ser não destrutivo, pode auxiliar na rapidez de realização do teste e reduzir a subjetividade, quando comparado ao teste de germinação.

Existe um equipamento no mercado, que permite esse tipo de análise; o GroundEye®, produzido no Brasil pela empresa Tbit Tecnologias e Sistemas. O GroundEye® é um equipamento que disponibiliza análise de imagens mais rápidas e precisas, porém, necessita de ajustes e de padronizações. Para sementes de café, são escassos os trabalhos utilizando a análise de imagens para avaliação da qualidade fisiológica, desta forma, o objetivo nesta pesquisa será analisar a viabilidade do processamento de imagens para a avaliação da qualidade fisiológica em sementes de *Coffea arabica* L. com a utilização do sistema GroundEye®.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cafeicultura e sua importância

Entre as diversas práticas agrícolas presentes no território nacional, a cafeicultura apresenta-se como um dos principais ramos do segmento agrícola contribuindo para crescimento econômico do país. A cafeicultura mobiliza tanto o comércio interno quanto o externo, por meio das exportações (CONAB, 2021).

Sabe-se que o índice de exportações no ano de 2020 totalizaram 35.599 mil sacas vendidas e encaminhadas a 128 países (CECAFÉ, 2020). O comércio se baseia em duas espécies cultivadas de maior interesse econômico, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre (EL-ABASSY; DONFACK; MATERNY, 2011).

A área total estimada para as duas espécies no Brasil é de 2,18 milhões de hectares (CONAB, 2021). Porém, *Coffea arabica* L. possui maior demanda e estima-se 1,77 milhão de hectares cultivados, ou seja, 81% das lavouras (CONAB, 2021). Dentre as diversas regiões produtoras, o estado de Minas Gerais é o principal produtor com uma área de 1,26 milhão de hectares correspondendo a 71% da produção nacional de café (CONAB, 2021).

O *Coffea arabica* L. se destaca comercialmente pela maior qualidade de bebida devido às suas características, tais como o aroma acentuado e sabor adocicado quando comparado a outras espécies do gênero (SOUZA et al., 2004). O sucesso das lavouras cafeeiras consiste no plantio de mudas vigorosas que, conseqüentemente, acarretam em alta produtividade. Para tal fim é também de fundamental importância, a utilização de sementes com alta qualidade fisiológica e vigor e o uso de avaliações por análise de imagens pode facilitar e agilizar os resultados dos testes.

2.2 Qualidade fisiológica de sementes de café

O fruto do cafeeiro é caracterizado por possuir dois *locus* e duas sementes, sendo estas compostas pelo exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem) e o endocarpo coriáceo (pergaminho). A coloração do exocarpo varia em função da cultivar utilizada, podendo ser vermelho ou amarelo no estágio de maturação completa dos frutos.

A semente de café pode apresentar diversos formatos, como plana convexa, elíptica ou oval. Possui o embrião em seu sulco, o endosperma e um envoltório conhecido como “película prateada” (RENA; MAESTRI, 1986).

A propagação do cafeeiro é realizada por meio de mudas, as quais são produzidas a partir de sementes. Todavia, as sementes de café apresentam baixa longevidade, lenta germinação e a rápida perda do poder germinativo (ARAÚJO et al., 2008; COELHO et al., 2015).

Os parâmetros comumente utilizados para análise da qualidade fisiológica das sementes são o teste de germinação e o teste de tetrazólio. O teste de germinação determina o potencial máximo de germinação de um lote de sementes sob condições ideais e o teste de tetrazólio é um teste rápido baseado na viabilidade de um lote de sementes determinando o potencial germinativo (BRASIL, 2009).

Nota-se que a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de café é uma etapa minuciosa e demorada, iniciando pela retirada manual do pergaminho das sementes que serão analisadas por meio do teste de germinação ou teste de tetrazólio. Essas etapas devem ser feitas com muito cuidado, pois qualquer dano causado às sementes, pode gerar dados futuros incoerentes com o verdadeiro estado fisiológico das mesmas.

A análise do potencial fisiológico das sementes é feita por meio da avaliação morfológica interna (GOMES JUNIOR, 2010). Pelo teste de germinação é possível concluir sobre o estado fisiológico da semente, porém em café os resultados são obtidos apenas após 30 dias da semeadura. Desse modo, a utilização de uma tecnologia inovadora por meio da análise de imagens permite diminuir o tempo de obtenção dos resultados pelos testes convencionais tornando o processo de análise mais rápido e eficiente.

2.3 Testes fisiológicos comumente utilizados

2.3.1. Teste de Germinação

A avaliação da qualidade fisiológica em sementes de café é realizada mais comumente pelo teste de germinação. A germinação de sementes consiste na emergência e desenvolvimento da plântula sustentado pelas estruturas essenciais a partir do embrião. Segundo a *Internacional Rules for Seed Testing* (2007), para produzir uma planta normal sob condições favoráveis todas as estruturas são indicativas da sua capacidade.

O teste de germinação visa determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes permitindo a comparação entre diferentes lotes, uma vez que é realizado em condições ideais e controladas de temperatura, água e oxigênio. O teste deve ser rigorosamente padronizado, sendo que para sementes de café é realizado em rolo papel ou entre areia, sob temperatura de 30°C, de acordo com as Regras para análise de Sementes (BRASIL,2009). A primeira avaliação ocorre no décimo quinto dia após a semeadura das sementes e a avaliação final no trigésimo dia após a semeadura, computando-se as plântula normais, com capacidade para desenvolver plantas sob condições favoráveis. Além do teste aos 45 dias que determina as plântulas com folhas cotiledonares expandidas. (BRASIL, 2009).

Segundo o Sistema Nacional de Produção de Sementes e Mudanças (SNSM) a comercialização de sementes só pode ser efetivada se for realizado, anteriormente, o teste de germinação e a emissão do boletim de análise (BRASIL, 2003). O teste de germinação deve ser feito dentro do prazo de 30 dias (BRASIL, 2009).

As sementes de café apresentam baixa longevidade, lenta germinação e a rápida perda do vigor (ARAÚJO et al., 2008; COELHO et al., 2015). Por isso, os testes permitidos no SNSM para a avaliação de sementes de café além, do teste de germinação, é o teste de tetrazólio.

2.3.2. Teste de Tetrazólio

Em sementes de café a necessidade de testes rápidos visando analisar a viabilidade das sementes são cada vez mais exigidos. Para tal fim, o teste de tetrazólio é utilizado segundo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2012), permitindo a rápida avaliação do potencial germinativo das sementes.

O teste de tetrazólio é baseado na redução do sal 2,3,5 trifenilcloreto ou brometo de tetrazólio pela ação das enzimas desidrogenases na reação de íons de hidrogênio (DELOUCHE et al., 1976). Após a realização da técnica, a cor vermelha especifica os tecidos vivos da semente (DEL TERRA et al., 2010). Os embriões retirados das sementes de café são colocados em solução de tetrazólio a 0,5% em frascos escuros e acondicionados em temperatura de 30°C por 3 horas (BRASIL, 2009; CLEMENTE et al., 2011).

A análise dos embriões é realizada com uma lupa estereoscópica, após a realização do corte longitudinal em cada um deles. A classificação determina a viabilidade do material, por meio da avaliação dos danos apresentados (BRASIL, 2009). Diante disso, um dos limitantes na realização do teste de tetrazólio em sementes de café, consiste no treinamento do analista e na metodologia a ser adotada para sua condução, uma vez que, o embrião que precisa entrar em contato direto com a solução, encontra-se envolvido por tecidos do endosperma.

Os embriões viáveis apresentam cotilédones, eixo hipocótilo-radícula e região de translocação coloridos pelo sal de tetrazólio. Podem conter pequenos danos na radícula causados devido extração em menos de 50% da área cotiledonar afetada. Já os embriões inviáveis apresentam danos significativos na região de ligação entre os cotilédones e o eixo hipocótilo- radícula ou apresentam mais de 50% de sua reserva comprometida, além do hipocótilo-radícula, mostrando-se totalmente descoloridos (VIEIRA et al., 1998).

Segundo normas do Ministério da Agricultura, o teste de tetrazólio pode ser utilizado para comercializar sementes de café no lugar do teste de germinação. Isso acontece no caso de culturas que possuem dormência ou germinação lenta, como é o caso do café, que leva 30 dias para germinar em condições ideais.

Uma outra opção para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de café pode ser a utilização da análise de imagens digitais das plântulas, uma vez que é um teste rápido, não destrutivo e não subjetivo.

2.4 Análise de imagens digitais de plântulas

A análise de imagem é formada por elementos finitos, cada um com determinado valor e localização. Os elementos finitos são os “*pixels*” e constituem os elementos formadores de uma matriz digital (GONZALEZ; WOODS, 2000; TEIXEIRA; CÍCERO; DOURADO NETO, 2006).

A técnica utilizada na análise de imagens produz características dimensionais, além de identificar a cena. As mesmas são dimensionadas pelos “*pixels*”, ou seja, métodos de contagem ou frequência dos elementos que formam a imagem (TEIXEIRA; CÍCERO; NETO, 2006).

Os processos de aquisição da imagem consistem basicamente de quatro etapas: captura (aquisição) das imagens, pré-processamento, segmentação e análise. O pré-processamento tem a função de melhorar a imagem, enquanto a segmentação visa

promover a limiarização, ou seja, a identificação dos pixels e o reconhecimento dos objetos (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Dessa forma, a análise de imagem permite uma caracterização rápida, objetiva, compacta, pouco onerosa e não destrutiva do material de estudo. Segundo Venora et al. (2007), esta técnica permite de maneira rápida a aquisição de imagens gastando menos de um minuto para digitalização.

Dentre os diversos equipamentos desenvolvidos para análise de imagem, têm-se o GroundEye®, que é composto por câmeras de alta qualidade e um software de análise. A câmara é constituída de uma bandeja acrílica transparente ou esteira rolante e lâmpadas de LED para iluminação, onde se coloca as amostras, na qual se permite analisar cada plântula individualmente e fornecer dados de vigor que variam em um índice de 0 a 100. O fundo da câmara de captação possui a coloração azul para um maior contraste com o objeto de interesse na imagem. Antes da captura e análise da imagem é necessário que o usuário do equipamento defina qual plano de fundo usar, ou seja, defina o padrão para a segmentação da imagem, pois a segmentação no GroundEye é realizada por diferença de cor (MANUAL GROUNDEYE®, 2016).

Além disso, o equipamento possibilita utilizar o sistema para avaliação do comprimento de plântulas e de suas partes, de forma digital ou automatizada. Tal processo é chamado de calibração automática e consiste na associação da imagem de plântulas de um determinado lote de sementes pelo software com o valor do teste de vigor (escolhido de acordo com a cultura utilizada) deste mesmo lote, para que desta forma o sistema complete o processo de aprendizado, ou seja, obtenha a calibração correta para a determinada cultura (PINTO, 2014).

A avaliação do vigor é feita pelo sistema, através da comparação de valores de vigor calculados nos testes laboratoriais com os valores do software. O cálculo exige algumas informações, como: média da razão entre a raiz primária e a parte aérea; média do tamanho total; quantidade de sementes mortas ou não germinadas; média do tamanho da parte aérea; média do tamanho da raiz primária; desvio padrão do tamanho da parte aérea; desvio padrão da raiz primária; desvio padrão da razão entre a raiz primária e a parte aérea; desvio padrão do tamanho total e tamanho médio do esqueleto (MANUAL GROUNDEYE®, 2016).

Além disso, este equipamento tem potencial para diferenciar espécies e estádios de desenvolvimento segundo Marques et al. (2019), que estudaram a distinção de espécies

e estádios de maturação de sementes de *Comanthera* spp. por análise de imagem e citometria de fluxo.

A interpretação dos dados é baseada em gráficos, cores, formas, relatórios e ferramentas artificiais que tem a função de direcionar o aparelho. O índice é estabelecido através de inferências do próprio equipamento (MANUAL GROUNDEYE®, 2016).

O vigor das plântulas de café analisadas por Abreu et al. (2016) foi estimado através da análise de imagens, após avaliação da qualidade fisiológica das mesmas submetidas a diferentes porcentagens de secagem. Ávila (2017) utilizou o equipamento GroundEye a fim de avaliar seu potencial relacionando os testes de vigor da separação dos lotes de soja com os resultados da avaliação computadorizada. Medeiros et al. (2018) concluíram que o processamento de imagens em plântulas é um método confiável, eficiente e mais rápido.

Enfim, nota-se a importância da evolução da análise de imagens de plântulas no âmbito sementeiro. Porém, é necessário realizar pesquisas que viabilizem essa prática para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de café para a obtenção de resultados rápidos e precisos em relação aos testes convencionais em laboratório.

3. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa será investigar a viabilidade do processamento de imagens na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de *Coffea arabica* L. com a utilização do sistema GroundEye®.

4. METAS

Estudar, no período de 12 meses, o processamento de imagens na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de café, com a utilização do sistema GroundEye®.

Divulgar os resultados obtidos na pesquisa por meio da publicação de artigos em revistas com alto fator de impacto e participação em eventos técnicos científicos.

5. HIPÓTESES

A avaliação da qualidade fisiológica em sementes de café é possível por meio da técnica de análise de imagens.

O Sistema GroundEye® é eficiente na avaliação de plântulas de café e consequentemente, na distinção da qualidade fisiológica dos lotes.

6. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho será realizado no Laboratório Central de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Serão utilizadas sementes da safra 2021, da espécie *Coffea arabica* L., de três cultivares diferentes da espécie, Catuaí amarelo 62, Mundo Novo e Arara.

6.2 – Colheita e beneficiamento das sementes

Os frutos de *Coffea arabica* L. serão colhidos em lavouras de café, na Fazenda Procafé, localizada na cidade de Varginha, sul de Minas Gerais. Os frutos no estágio de maturação cereja serão colhidos nos ramos médios das plantas e nas partes medianas dos ramos. Após a colheita dos frutos, esses serão selecionados para uniformização do estágio de maturação e serão descascados mecanicamente. Após o descascamento, as sementes serão desmuciladas por fermentação em água durante 24 horas e mantidas na sombra para uma pré-secagem, para retirada da umidade superficial.

Feito isso, as sementes serão colocadas em secador estacionário a 25°C com ventilação constante. Além disso, serão reviradas de hora em hora até atingirem 12% de umidade. Após esse processo, as sementes serão armazenadas em câmara fria com temperatura de 10°C e UR de 55%, em sacos plásticos, até a realização dos testes.

6.3 – Caracterização inicial dos lotes de sementes de café

Para avaliação da qualidade inicial, as sementes terão os pergaminhos retirados manualmente e serão submetidas ao teste de germinação.

O teste de germinação será realizado com quatro repetições de 25 sementes para cada uma das cultivares, semeadas em rolos de papel de germinação, tipo "germitest", umedecidos com água destilada na quantidade de duas vezes e meia o peso do papel seco.

Serão utilizadas placas de acrílico para realizar a semeadura e as sementes serão identificadas no papel de germinação e acondicionadas em germinador, regulado a 30° C, na presença de luz (Brasil, 2009). Será determinada a porcentagem de protrusão radicular aos 15 dias da semeadura e de plântulas normais os 30 dias após semeadura, em que serão computadas as plântulas que apresentarem raiz principal e pelo menos duas raízes laterais. As plântulas normais fortes, com hipocótilos iguais ou maiores do que 3 cm, serão computadas aos 30 dias após a semeadura, para análise do vigor e também após 45 dias do início do teste, serão computadas as plântulas com folhas cotiledonares expandidas (estádio orelha de onça), sendo os resultados expressos em porcentagem.

6.4 – Análise das Imagens

O sistema utilizado para captura das imagens será o GroundEye®, versão S800. Um grande diferencial do GroundEye é o menor tempo necessário para avaliação das plântulas. As plântulas obtidas pelo teste de germinação serão enumeradas de cada repetição e tratamento serão dispostas sequencialmente na placa de acrílico do equipamento, a fim de capturar imagens de 3 em 3 dias, durante o prazo de 45 dias, prazo da última leitura realizada em laboratório, normalmente, sem o uso da análise de imagem. Isso será feito para poder comparar os resultados da análise de imagem com o que é feito atualmente no teste de germinação.

Será feita a calibração do fundo das imagens para o melhor contraste da plântula, além da escolha dos parâmetros de interesse para que o aparelho consiga interpretar as capturas e fornecer os resultados esperados, ou seja, os valores médios das características das plântulas como o comprimento da raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento da plântula (CP), razão comprimento da raiz/comprimento do hipocótilo (CR/CH) e o índice de vigor (IV). O cálculo de vigor é realizado pelo software por meio de inferências, utilizando as Redes Neurais Artificiais que funcionam como simuladores de regressão não linear multivariada. O sistema automaticamente compara os valores de vigor calculados nos testes realizados em laboratório com os valores calculados pelo software e fornece os resultados de vigor das amostras analisadas.

6.5 - Análise Estatística

Para as análises realizadas, o delineamento será inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x15, sendo 3 cultivares e 15 avaliações das imagens capturadas em intervalos de três dias, com quatro repetições. É importante ressaltar que as avaliações feitas serão comparadas com os testes de germinação controle de cada cultivar que não serão submetidos ao equipamento. Os dados serão submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância, usando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

6. EQUIPE ENVOLVIDA NO PROJETO

Júlia Lima Baute
Marina Chagas Costa
Nathália Aparecida Bragança Fávaris
Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Stefânia Vilas Boas Coelho

7. REFERÊNCIAS

ABREU, L. A. S. et al. Computerized analysis in the physiological quality of coffee seeds. **International Journal of Current Research**, v. 8, n. 11, p. 40820-40823, 2016.

ARAÚJO, R.F. et al. Conservação de café (*Coffea arabica* L.) despulpado e não despulpado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 71-78, 2008.

ÁVILA, M. A. B. Análise de imagem na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. 2017. 42 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 36. Aprova a tabela anexa, que fixa os valores dos serviços públicos de que trata a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 dez. 2004, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento Nacional de Produção Vegetal. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 399 p.

CARVALHO, M. L. M. Utilização da análise de imagens - conceitos, metodologias e usos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 45-47, 2010.

CECAFÉ. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **Produção**. Disponível em: <<https://www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/exportacoes-brasileiras/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

CLEMENTE, A. C. S. et al. Preparo das sementes de café para a avaliação da viabilidade pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 38-44, 2011.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira – café**: Primeiro levantamento, janeiro 2021 – safra 2021. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 08 fev. 2021.

COSTA, P.S.C.; CARVALHO, M.L.M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.) **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 92-96, 2006.

DEL TERRA, L.; BARNABA, M.; SILIZIO, F.; NAVARINI, L. **A novel approach to triphenyltetrazolium staining as a quality control tool for green coffee: correlation with aging, geographical origin and sensory analysis**. The 23^o International conference on coffee science Bali, Indonesia. 41 p. 2010.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1976. 103p

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares. I. Condutividade elétrica. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 26-36, 1995.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, v.23, p.595-607, 1995

EL-ABASSY, R. M.; DONFACK, P.; MATERNY, A. Discrimination between Arabica and Robusta green coffee using visible micro Raman spectroscopy and chemometric analysis. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1443-1448, 2011.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior? **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

GOMES JUNIOR, F. G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna das sementes. **Informativo ABRATES**, vol. 20, nº.3, 2010.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing** . 3rd. Reading: Addison-Wesley, 2000.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2010. 976 p.

INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING. **International rules for seed testing**. Zurich, 2007. 180p.

KING, M.W.; ROBERTS, E. H. The storage of recalcitrant seeds: achievements and possible approaches. **International Board for Plant Genetic Resources**, Rome, 1979.

MANUAL GROUND EYE®. **Tbit Tecnologia e Sistemas**, Lavras. 2016.88p.

MARQUES, E. R.; ASSIS, J. G. R. DE; BUSTAMANTE, F. O.; ANDRADE, D. B. DE; CARVALHO, M. L. M. DE; LOPES, C. A. Distinção de espécies e estádios de maturação de sementes de *Comanthera* spp. por análise de imagem e citometria de fluxo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 13-21, 2019.

MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D.; SILVA, J. A. Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n.3, p. 1-7, 2018.

PINTO, C.A.G. Análise de imagens na avaliação do potencial fisiológico em sementes de milho. Lavras: UFLA, 2014. 52p. (Dissertação - UFLA).

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, 1, Poços de Caldas, 1986. **Anais**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-85.

ROBERTS, E. H; KING, M. W.; ELLIS, R. H. Recalcitrant seeds: their recognition and storage. In: **Crop genetic resources: conservation and evaluation**. (Eds.). HOLDEN, J. H. W.; WILLIAMS, J. T. London: George Allen and Unwim, 1984. p. 38-52.

SOUZA, F. de F. SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. dos. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 22p.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D. D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 159-167, 2006.

TIMÓTEO, T. S. **Condições de armazenamento e conservação do potencial fisiológico de sementes de diferentes genótipos de milho**. 2011. Tese. 60 f. (Doutorado Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

TUNES, L. M. et al. Influência dos diferentes períodos de colheita na expressão de isoenzimas em sementes de cevada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 178-184, 2011.

VENORA, G. et al. Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil by image analysis system. **Food Research International**, v. 40, p. 161-166, 2007.

VIEIRA, M. G. G. C. et al. **Testes rápidos para determinação da viabilidade e da incidência de danos mecânicos em sementes de cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1998. 34 p. (Boletim Agropecuário, 26).