



ÁLVARO HENRIQUE MATOS DE ASSIS

**EFICIÊNCIA DA ANÁLISE DE IMAGEM DE UM
EQUIPAMENTO COMERCIAL PARA A
CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ**

**LAVRAS-MG
2023**

ÁLVARO HENRIQUE MATOS DE ASSIS

**EFICIÊNCIA DA ANÁLISE DE IMAGEM DE UM EQUIPAMENTO
COMERCIAL PARA A CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ**

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

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

ÁLVARO HENRIQUE MATOS DE ASSIS

**EFICIÊNCIA DA ANÁLISE DE IMAGEM DE UM EQUIPAMENTO
COMERCIAL PARA A CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ**

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

APROVADA em 07 de julho de 2023

Dr. Ednilton Tavares de Andrade	UFLA
Dra. Ana Paula de Carvalho Alves	UFLA
Msc. Luana Haeberlin	UFLA
Msc. Filipe da Silva de Oliveira	UFLA

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

LAVRAS - MG

2023

DEDICATÓRIA

Dedico a todos que me ajudaram nesta caminhada. Meus pais, Tadeu e Deusuite, meus irmãos Otávio e Cecília e todos os amigos que estiveram comigo e ajudaram a desenvolver este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por estar comigo em todas as etapas deste ciclo.

Aos meu pais Tadeu e Deusuete que me deram a oportunidade de estudar e sempre me incentivaram.

Ao meu irmão Otávio por ser um exemplo a ser seguido e à minha irmã Cecília pela amizade.

À toda família Matos e Assis por toda confiança e apoio.

Ao PósCafé pela oportunidade e crescimento.

Aos meus amigos Lucão, João Victor, Tiago, Marcelinho e Lohaine que tornaram tantas horas de trabalho mais leves.

À Ana Paula e Luana pela amizade e disponibilidade.

Ao professor Ednilton pela orientação na execução deste trabalho.

À Tbit Tecnologia S.A. pela parceria.

E a todos que conviveram comigo nesses anos durante a graduação em Agronomia e contribuíram para minha formação, muito obrigado.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Assim, tem-se buscado por soluções tecnológicas que otimizem processos de pós-colheita, como a classificação dos grãos. Diante deste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de um equipamento comercial na identificação de defeitos no café. Para isso, foram preparadas manualmente amostras de café com 300 grãos, classificadas como tipo 2, 4 e 6, conforme IN nº8/2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), correspondendo as quantidades de 1, 4 e 12 defeitos, respectivamente. Os defeitos avaliados foram: preto, preto verde, ardido, coco, quebrados, paus/pedras/torrões, verde e marinho. Posteriormente, foi realizada a calibração de cor de fundo do sistema e feitas as análises de imagem em alta resolução. Para calibração de cor de fundo foi utilizado o modelo de cor HSV, com saturação de 0,404 a 1,0, brilho de 0,212 a 1,0 e matiz de 172,7 a 256,1. Para a análise dos dados, aplicou-se o teste estatístico de Scott-Knott com nível de significância de 5%, com a utilização do programa Sisvar. De acordo com os resultados obtidos, o equipamento teve menor assertividade para o defeito grãos quebrados. Nas amostras de café tipo 2 (contendo 1 defeito em 300 grãos), o defeito de grão ardido foi superestimado pelo equipamento ao passo que nas de café tipo 6 (contendo 12 defeitos em 300 grãos), a quantidade de grãos verdes detectada pelo equipamento foi menor do que a média total. Entretanto, analisando os outros defeitos, a utilização do sistema foi efetiva, já que houve correspondência entre os resultados obtidos pelo sistema e o procedimento de classificação manual do café.

Palavras-chave: Pós-colheita. Inteligência artificial. Classificação física.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 Cafeicultura no Brasil	9
3.2 Classificação física do café.....	10
3.3 Análise de imagens de sementes.....	13
4 METODOLOGIA	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O Brasil lidera a produção mundial de café, fechando o ano de 2022 com produtividade de 50,92 milhões de sacas, sendo 6,7% maior do que o ano anterior, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2022). Além disso, o país é o principal exportador de café, contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas científicas que visam o incrementar da produtividade e o aprimorar da qualidade deste produto.

A indústria de alimentos tem se voltado cada vez mais para obtenção de cafés de alta qualidade devido às mudanças nas preferências dos consumidores. No entanto, a maioria dos cafés produzidos no Brasil ainda são considerados commodities, ou seja, produzidos em grande escala.

Neste contexto, a produção de cafés de qualidade é um fator preponderante para as agroindústrias, quanto a valorização dos produtos e inserção destes no mercado de forma mais competitiva. Para que o setor produtor possa atender às demandas dos consumidores, é essencial que sejam compreendidos e seguidos os padrões de classificação do café, preconizando o conhecimento e entendimento sobre os processos envolvidos no diagnóstico e classificação deste.

No mercado interno brasileiro, a comercialização de cafés é regulada pela Instrução Normativa nº 8 de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual estabelece as características de identidade e qualidade para a classificação do grão beneficiado cru. A diretriz define o método que as cooperativas e armazéns de café devem utilizar em seu dia a dia para avaliar os lotes recebidos. Assim, testes e análises da avaliação da qualidade de grãos são fundamentais para a determinação da identidade e da característica do produto, visando a melhor comercialização deste.

Atualmente, a classificação física do café é realizada manualmente, o que demanda muito tempo, além de estar sujeita a variações entre os classificadores. Uma alternativa para minimizar esses problemas é a automação do processo, utilizando captura de imagens em alta resolução e inteligência artificial. Com o avanço da tecnologia, surgiram softwares que buscam otimizar o processo de identificação de defeitos, reduzindo erros, acelerando o processo, garantindo confiabilidade e padronização.

Diante do exposto, com intuito de explorar o potencial do uso de novas tecnologias no beneficiamento de grãos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do equipamento comercial GroundEye® na identificação de defeitos no café.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência do equipamento comercial GroundEye®, por análise de imagem, na identificação e quantificação de defeitos em cafés, a partir da classificação física manual destes

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a eficiência do equipamento comercial GroundEye® quanto a identificação de defeitos intrínsecos (grãos pretos, verdes, ardidados, preto verde e quebrados) e defeitos extrínsecos (paus, pedras e torrões, marinheiros, coco).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cafeicultura no Brasil

O Brasil ocupa a posição de maior produtor mundial de café, sendo responsável por 33,6% da produção global, seguido pelo Vietnã e pela Colômbia, com participações de 18,6% e 8,2%, respectivamente. Embora a maioria dos cafés produzidos no país sejam considerados commodities, a demanda por cafés especiais tem apresentado um crescimento anual de aproximadamente 10% (MAIA, 2020; CONAB, 2022).

A produção total da safra de café no Brasil em 2022 foi de 50,92 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, representando um aumento de 6,7% em relação à safra do ano anterior. A área utilizada na produção de café no país é de aproximadamente 2,2 milhões de hectares, sendo 1,8 milhão de hectares destinados ao cultivo de *Coffea arabica* (EMBRAPA, 2022).

O estado de Minas Gerais se destaca como o principal produtor, sendo responsável por quase metade da produtividade brasileira nas últimas safras, colhendo aproximadamente 24,38 milhões de sacas, seguido do Espírito Santo, com 8,84 milhões, São Paulo, com 4,33 milhões e Bahia, com 3,36 milhões de sacas (CONAB, 2017; EMBRAPA, 2022).

De acordo com Moreira et al. (2019) o crescimento da produção de café no país tem sido impulsionado pelo aumento na produtividade, ou seja, quilogramas de grãos por hectare, mesmo com uma redução de área colhida. Este fato está relacionado a diversos fatores, desde a mecanização e automação do plantio e colheita até melhorias nas técnicas de manejo e aplicação de defensivos, com o uso de implementos mais adequados e tecnologicamente avançados.

A cafeicultura exerce uma influência significativa na economia do Brasil, tanto de forma direta como indireta, se destacando como um dos setores que mais empregam. Mesmo com a tendência de adoção de maquinários agrícolas, a fim de reduzir os custos de produção e aumentar o rendimento, a cafeicultura continua gerando empregos sustentáveis. Além dos empregos diretos relacionados à colheita e produção dos grãos, a cadeia produtiva do café também gera oportunidades de trabalho em cooperativas, armazéns gerais e na fabricação de maquinários agrícolas (VIEIRA, 2017; MARTINS et al., 2022).

Além da produtividade a qualidade do café tem grande impacto no setor agroindustrial e econômico. Neste contexto, o manejo pós-colheita e a classificação física dos grãos são de suma importância, por influenciarem em características como sabor, aroma, padronização dos lotes, qualidade e valor do café para a comercialização (JUNIOR et al., 2019).

3.2 Classificação física do café

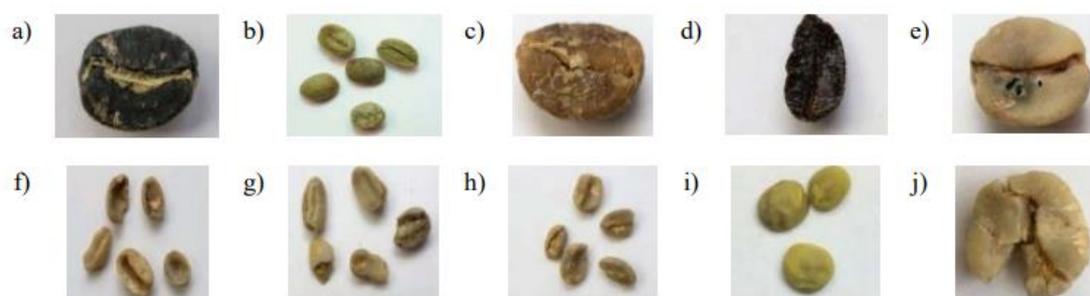
A classificação física do café é realizada em diferentes momentos e de acordo com diversos critérios. Em relação ao formato e tamanho dos grãos, utiliza-se um conjunto de peneiras numeradas de 12 a 19 (crivos circulares) e de 8 a 13 (crivos oblongos). Os grãos chatos são separados pelas peneiras circulares, enquanto os grãos moça são separados pelas peneiras oblongas. Já a classificação quanto ao tipo do café envolve a identificação de grãos defeituosos, impurezas e o aspecto geral do grão (BRASIL, 2003).

Para realizar a classificação física do café, é necessário obter uma amostra representativa do lote a ser classificado. Utiliza-se uma mesa de classificação com iluminação adequada, uma cartolina preta com a tabela de identificação de defeitos e classificação por tipo, e um cartão de identificação do lote contendo diversas informações sobre o café. Os defeitos são categorizados de acordo com uma tabela de equivalência e

contados individualmente. Com base no número de defeitos, realiza-se a classificação do café conforme as informações das tabelas disponíveis (BRASIL, 2003).

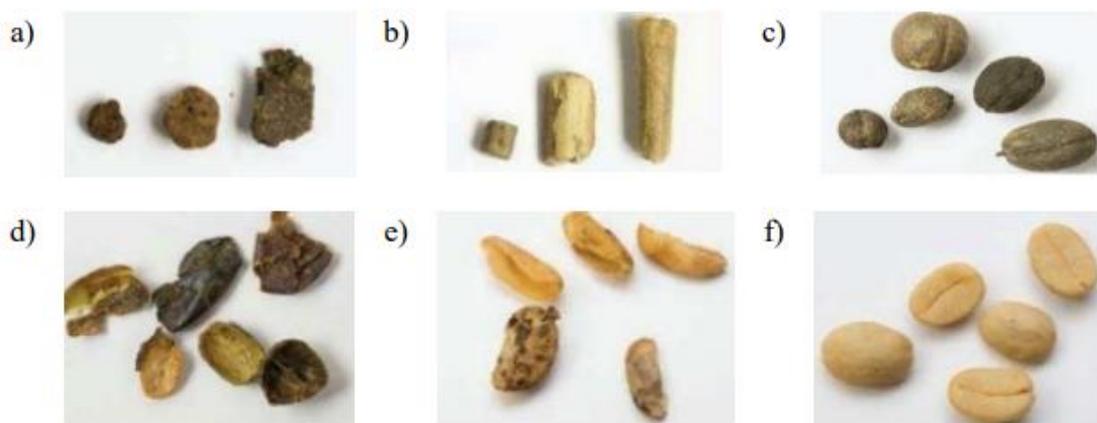
Existem diferentes tipos de defeitos que podem afetar a qualidade do café, sendo de natureza intrínseca ou extrínseca (Figura 1 e 2). Os defeitos intrínsecos são causados por práticas agrícolas industriais ou pelas próprias características da cultura, gerando grãos pretos, ardidos, verdes, pretos-verdes, mal granados, quebrados, brocados, conchas e chochos. Por outro lado, os defeitos extrínsecos são ocasionados pela presença de materiais estranhos no café beneficiado, como cascas, paus, pedras e torrões, podendo causar imperfeições como grãos fermentados, marinheiro, coco e quebrados. É importante ressaltar que os defeitos, tanto intrínsecos quanto extrínsecos, são avaliados e classificados com base em sua gravidade e impacto na qualidade do café. Essa classificação leva em consideração a influência que estes terão no sabor, aroma e aspecto visual da bebida final (SENAR, 2017).

Figura 1 - Defeitos intrínsecos dos grãos de café: a) grão preto, b) grão verde, c) grão ardido, d) grão preto-verde, e) grão brocado, f) grão concha, g) grão quebrado, h) miolo de concha, i) grão chocho e j) grão esmagado.



Fonte: Senar (2017).

Figura 2 - Defeitos extrínsecos dos grãos de café: a) pedras, b) paus, c) café em coco, d) torrões, e) casca e f) marinheiro.



Fonte: Senar (2017).

O objetivo principal da classificação física do café é a obtenção da tipificação dos grãos, categorizando estes com base na quantidade de defeitos extrínsecos e intrínsecos presentes, contabilizando e atribuindo pesos correspondentes à sua gravidade, aplicando-se como referência o grão preto, que é considerado o padrão para a avaliação dos defeitos (SCA, 2015). Conforme mencionado por Melo et al. (2019), quanto maior a pontuação de determinado defeito, maior a influência que este tem na qualidade do café.

Existem diversas causas que podem explicar a ocorrência de defeitos nos grãos de café, dentre elas a colheita demorada dos frutos, que pode trazer fermentações indesejadas devido ação do sol e da chuva sob os grãos, frutos caídos com permanência prolongada no solo, aumentando a incidência de broca na lavoura e consequentemente a quantidade de grãos com defeito brocado, manejo precário pós-colheita, como por exemplo um manejo mal conduzido de secagem pode resultar em maior incidência de grãos ardidos e fatores genéticos ou fisiológicos como nutrição e deficiência hídrica que podem resultar em maior incidência de defeitos como concha e miolo de concha (MATIELLO et al., 2014).

A classificação do café é uma etapa importante, mas também pode ser demorada, custosa e sujeita a algumas limitações. Geralmente, as informações contidas nas fichas e laudos de classificação são apresentadas de forma simplificada, o que pode dificultar a compreensão das características do lote pelo produtor. Além disso, o processo de classificação é realizado manualmente, desde a coleta de amostras até a catação de

defeitos, contagem e tipificação, o que torna o processo suscetível a erros e subjetividade por parte dos avaliadores (SANTOS; NANTIS, 2014).

Outro desafio da classificação física do café manual é o tempo necessário para realizar a tipificação das amostras. Armazéns e cooperativas de produtores recebem grandes volumes de grãos diariamente, e cada lote precisa ser classificado antes de ser admitido no armazém (OYAMA, 2014; DE NEGREIROS et al., 2019).

3.3 Análise de imagens de sementes

A análise de imagens digitais é uma ferramenta importante para reconhecer e extrair informações de imagens através de processos de captura, pré-processamento, segmentação e análise, permitindo a avaliação de um grande número de amostras de forma rápida. Esta é representada por uma matriz de elementos discretos, conhecidos como pixels, que possuem atributos numéricos relacionados à cor ou intensidade luminosa (BRUNES et al., 2016).

A análise de imagens tem sido aplicada em diferentes áreas nas agrárias, incluindo a avaliação de danos em sementes, de formas, dimensões, dentre outras características físicas. Para realizar o processamento da imagem, é necessário realizar as etapas de captura da imagem, pré-processamento, segmentação e análise (BRANDANI, 2017, LIMA et al., 2018). A captura envolve a digitalização da mesma, utilizando câmeras fotográficas ou escâneres. O pré-processamento é uma etapa essencial para melhorar a qualidade da imagem, como o aprimoramento do contraste e remoção de ruídos, aumentando assertividade das etapas seguintes (GONZALEZ; WOODS, 2010). A segmentação consiste em identificar os objetos de interesse na imagem, utilizando técnicas como limiarização, que definem limites para separar os pixels do objeto e do fundo. Esta técnica pode ser realizada com base na intensidade de cinza ou variação de cor, com a utilização de diferentes modelos de cores, como HSV (Hue, saturation e value), RGB (Red, green e blue), CIELab (sendo “L” a luminosidade, “a” tonalidade da cor nos limites de verde e vermelho, e “b” a saturação nos limites de azul e amarelo) e YCbCr (“Y representa o componente da luma, “Cb” e “Cr” a diferença de azul e vermelho, respectivamente, no componente chroma) (LOPES, 2003).

Com os avanços tecnológicos no setor de análise de imagens, tem sido desenvolvido sistemas computacionais com diferentes utilidades no setor agrícola, como a avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes. Dentre estes, o Sistema de

Análise de Sementes (SAS), desenvolvido em 2012 por uma empresa de tecnologia e sistemas denominada Tbit, tem sido empregado tanto na avaliação de sementes para o plantio, como na pós-colheita. O SAS, atualizado em 2015 e renomeado de GroundEye, tem sido utilizado para apreciação de propriedades distintas, como vigor e pelotização de sementes, misturas varietais e classificação físicas de grãos (MARQUES et al., 2019; FERREIRA et al., 2020; RIBEIRO, 2021, MEDEIROS et al., 2023).

O sistema de análise de sementes é composto por uma câmera de captação de imagem e o software GroundEye. A câmara é projetada com uma bandeja de acrílico transparente, na qual o objeto de interesse é colocado. Esta possui uma câmera fotográfica de alta resolução e lâmpadas de LED para iluminação, sendo o fundo da cor azul para fornecer um maior contraste durante a captura da imagem. Além disso, anteriormente a captura e análise da imagem, é possível que o usuário do equipamento determine o plano de fundo a ser utilizado. Ou seja, estabelecendo o padrão para a segmentação da imagem, com base na diferença de cor, empregando os modelos, Cielab, HSV ou YCbCr (BRANDANI, 2017; LIMA et al., 2018; RIBEIRO, 2021).

4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas e na empresa TBIT, uma empresa de base tecnológica incubada na IMBATEC, ambos na Universidade Federal de Lavras. Os grãos de café utilizados foram provenientes de uma fazenda localizada na cidade de Perdões, Minas Gerais.

Para o experimento foram utilizadas amostras com 300 grãos de café, correspondendo a aproximadamente 40g, classificadas como tipo 2, 4 e 6, correspondendo as quantidades de 1, 4 e 12 defeitos, respectivamente. Para esse cálculo utilizou-se a Equação 1, considerando que uma amostra representativa de 300g de café tem em média 2250 grãos, e, portanto, a equivalência de defeitos como apresentada na Tabela 1. O padrão para a escolha da quantidade de defeitos na classificação do café foi o grão preto, ou seja, para montar as amostras classificadas como tipo 2, 4 e 6, todos os defeitos foram considerados com a equivalência do defeito grão preto, dessa forma, um grão avariado correspondeu a um defeitos nas amostras.

Tabela 1 - Tipos de café em relação a quantidade de defeitos, em uma amostra de 300g (2250 grãos)

Defeitos	Tipos	Pontos
4	2	+100
26	4	Base
86	6	-100

Fonte: BRASIL (2003).

$$D = \frac{300 \times Dt}{2250} \quad \text{Equação (1)}$$

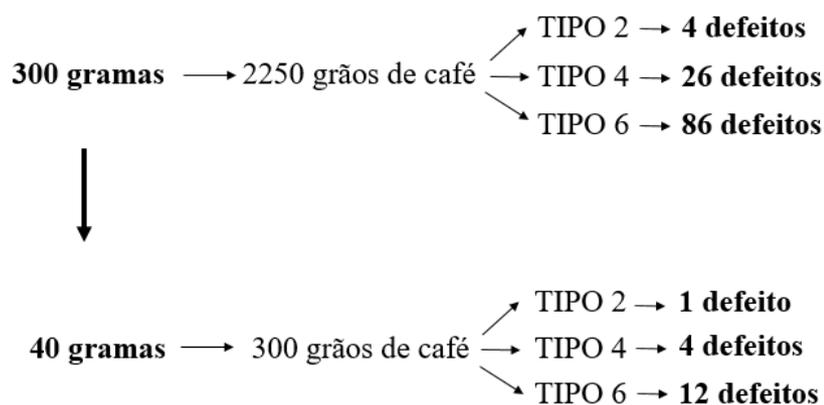
Em que:

D = número de defeitos na amostra de 300 grãos.

Dt = número de defeitos de acordo com o tipo.

Assim, tendo como referência a quantidade de defeitos em 300g de café para cada tipo, determinou-se pela equação acima o número de defeitos para 40g de amostra (Figura 3).

Figura 3 - Quantidade de defeitos para cada tipo de café em 40g de amostra



Os defeitos foram contabilizados de acordo sua gravidade (Tabela 2) e por meio de equivalência de acordo com a Instrução normativa nº 8/2003.

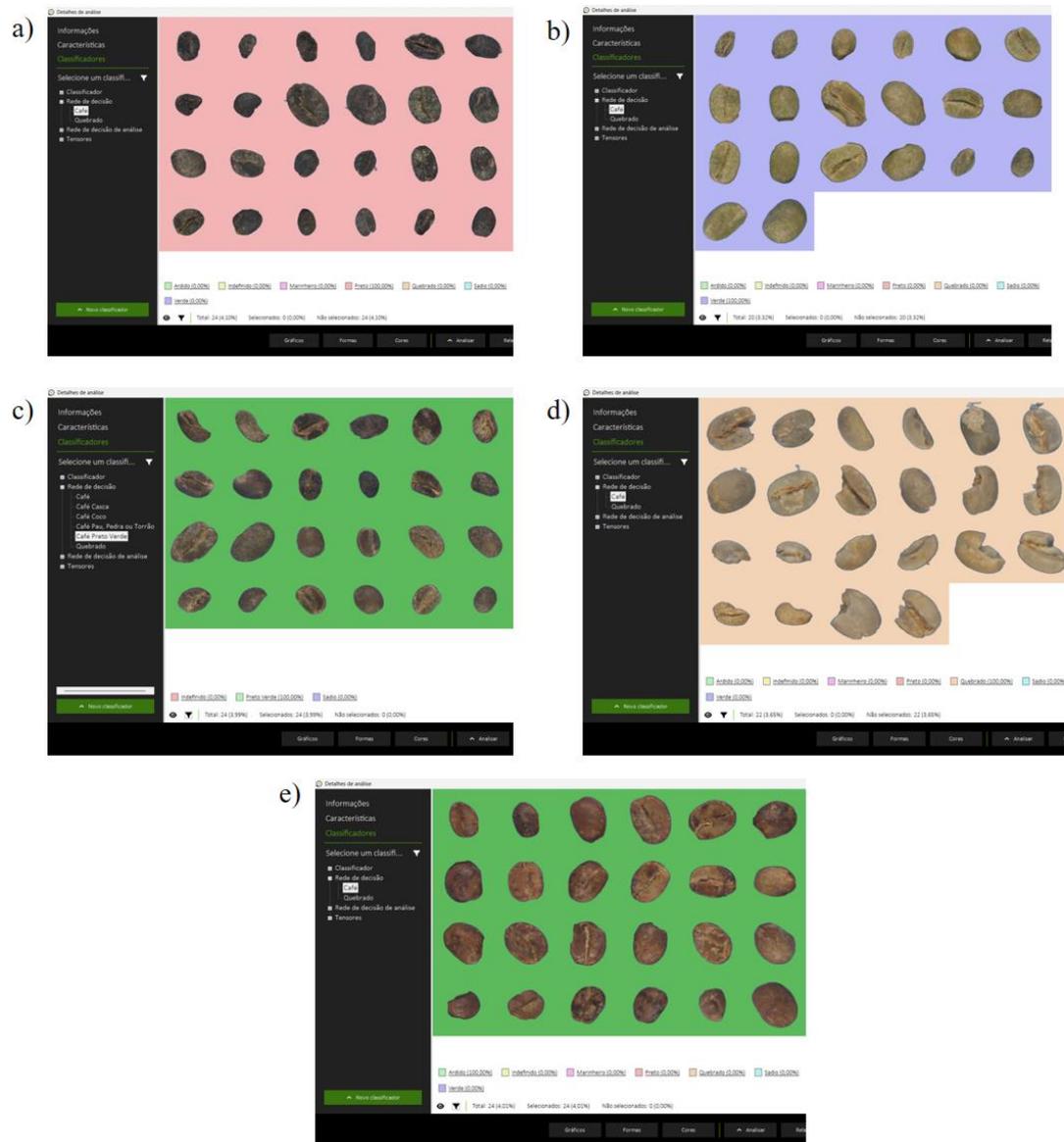
Tabela 2 - Equivalência de Defeitos

Grãos Imperfeitos/ Impurezas	Número de defeitos
1 grão preto	1
2 grãos ardidos	1
5 grãos verdes	1
5 grãos pretos verdes	1
5 grãos quebrados	1
1 pedra, pau, torrão	1
1 coco	1
1 casca	1
2 marinheiros	1

Fonte: BRASIL (2003).

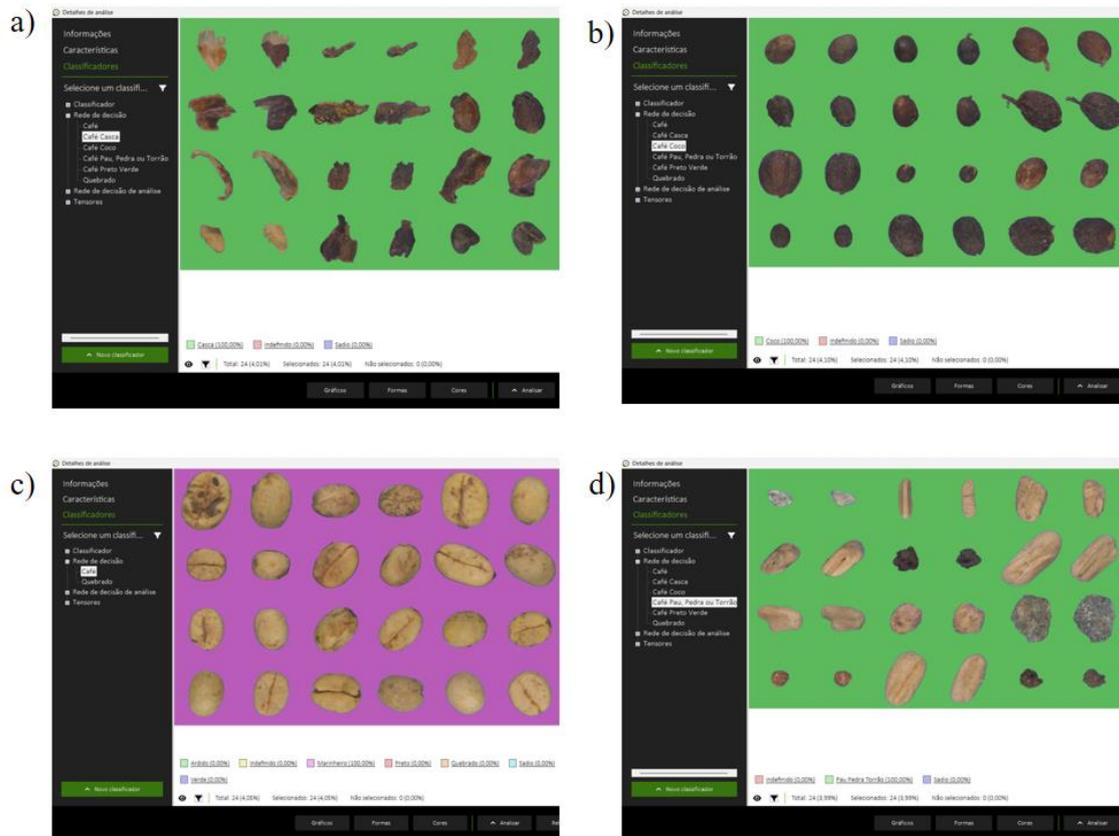
Posteriormente a preparação manual e obtenção das amostras de café com a quantificação de defeitos pré-estabelecidos, foi realizada a calibração de cor de fundo para os defeitos intrínsecos e extrínsecos (FIGURAS 4 e 5) e as análises de imagem de alta resolução no sistema denominado GroundEye® (Figura 6), verificando a eficiência do equipamento. Para calibração de cor de fundo foi utilizado o modelo de cor HSV (Hue, saturation e value), com saturação de 0,404 a 1,0, brilho de 0,212 a 1,0 e matiz de 172,7 a 256,1.

Figura 4 - Calibração dos defeitos intrínsecos dos grãos de café: a) preto b) verde c) preto verde, d) quebrado, e) ardido.



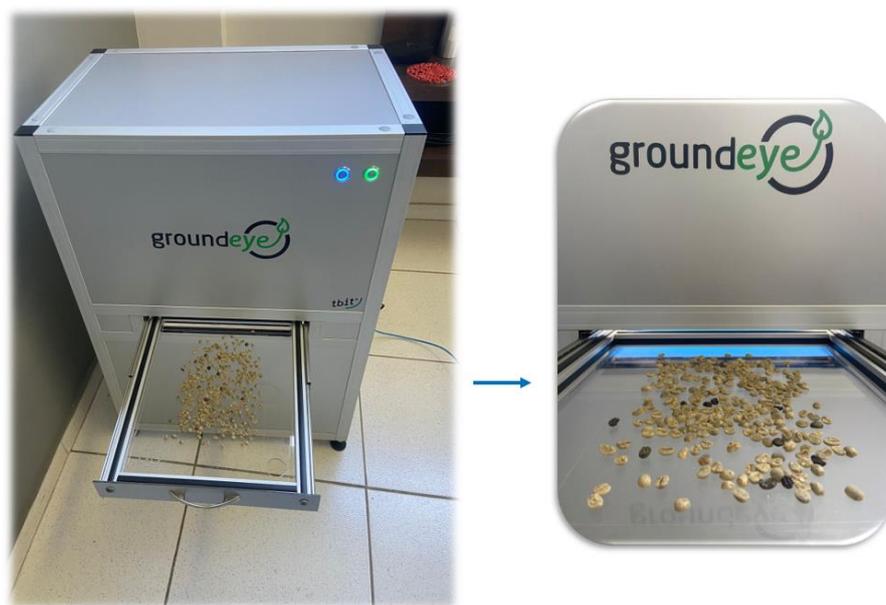
Fonte: Autor (2023).

Figura 5 - Calibração dos defeitos extrínsecos dos grãos de café: a) casca b) coco c) marinho, d) pau, pedra, torrão.



Fonte: Autor (2023).

Figura 6 - Análise de imagem dos grãos de café no sistema GroundEye®



Fonte: Autor (2023).

As avaliações foram feitas em duplicatas e para verificação do potencial do instrumento na classificação do café, os dados foram submetidos a análise estatística, aplicando o teste de Scott-Knott com nível de significância de 5%, com a utilização do software Sisvar. A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos pelo equipamento comercial GroundEye®, para cada quantidade e tipo de defeitos nas amostras de grãos de café.

Tabela 3 - Determinação de defeitos pela análise de imagem

Defeitos	N° de defeitos		
	1	4	12
Ardido	1.5 Ac	4.0 Ab	12.0 Aa
Preto	1.0 Bc	4.0 Ab	12.0 Aa
Quebrado	2.5 Ac	4.5 Ab	11.0 Ba
Verde	1.0 Bc	4.5 Ab	10.5 Ba
Marinheiro	1.0 Bc	4.0 Ab	12.0 Aa
Casca	0.0 Bc	4.0 Ab	12.0 Aa
Coco	1.0 Bc	4.0 Ab	12.0 Aa
Pau, Pedra, Torrão	1.0 Bc	4.0 Ab	12.0 Aa
Preto verde	1.0 Bc	4.0 Ab	12.0 Aa

* Os valores com as mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

De acordo com os resultados obtidos pode-se observar que para as amostras contendo 1 defeito, os tratamentos com grãos ardidos e quebrados apresentaram 1.5 e 2.5, respectivamente, superestimando o nível destes e diferindo significativamente da média total. A análise de casca no mesmo nível de defeitos, não se diferiu de acordo com o teste estatístico aplicado, mesmo o equipamento não tendo detectado o defeito.

As amostras com 4 defeitos foram as que tiveram melhores resultados quanto a eficiência de leitura do sistema para todos os tratamentos, pois não foi verificado diferença estatística entre as amostras. A maioria dos defeitos foram identificados com 4 unidades nas amostras de 300 grãos, ao passo que o defeito verde apresentou média de identificação de 4,5 grãos avariados, porém não diferiu estatisticamente.

Já as com 12 unidades de defeitos extrínsecos e intrínsecos, a quantidade de grãos quebrados e verdes foram significativamente inferiores à média total, com 11.0 e 10.5, respectivamente. Nota-se que o defeito que o equipamento GroundEye® teve menos assertividade foi para grãos quebrados. Além disso, o aumento do número de defeitos verdes, demonstrou variações na efetividade do sistema neste tratamento.

A secagem excessiva dos grãos, o mau funcionamento e a má regulagem dos equipamentos utilizados no beneficiamento do café, podem resultar em grãos quebrados, cortados e dilacerados. Este defeito, apesar de não comprometer de forma direta a qualidade da bebida do café como os pretos, verdes e ardidos, pode prejudicar posteriormente o sabor desta, tendo em vista que corrobora para a desuniformidade no processo de torrefação (FONSECA, 2023; MELO et al., 2019). Desta forma, a precisão na classificação do café é de suma importância, tanto para não desvalorizar o produto, como para não superestimar a qualidade deste, a fim de evitar prejuízos financeiros (MAIA, 2020).

Oyama et al. (2013) estudaram metodologias para classificação de café, considerando a forma, cor e textura, por meio de imagens digitais, utilizando os modelos de cor HSV, YUV, YIQ, YPbPr, YCbCr, YCgCr, YDbDr, CIE XYZ, CIELAB e RGB. Os pesquisadores identificaram por meio de histograma global, caracterizado pela quantidade de pixels que possuem determinada cor ou faixa de cores na imagem, que o HSV foi o que apresentou a maior taxa de acerto, sendo de 74,33%. Este fato corrobora com a efetividade do sistema GroundEye® na classificação dos grãos, já que utilizou o mesmo modelo de cor.

Ainda, de acordo com a análise estatística utilizada, o equipamento conseguiu diferenciar significativamente os níveis dos defeitos, quando em baixas, médias e altas, como pode ser observado pelas letras minúsculas na linha. De acordo com Zhang (2017) o espaço de cor HSV separa a informação de brilho em uma banda diferente, o que o torna menos sensível às variações na distribuição de luz causadas pelo sistema de iluminação. Isso permite que este modelo seja mais robusto em relação a essas alterações, o que pode resultar em uma melhor capacidade na diferenciação dos grãos (ZHANG, 2017).

6 CONCLUSÃO

A utilização da técnica de análise de imagens por meio do equipamento GroundEye® demonstrou ser eficiente na identificação de feitos nas amostras de grãos de café, por haver correspondência entre os resultados obtidos pelo sistema e o procedimento manual. Entretanto, foi observado que ainda necessita de ajustes na aferição do defeito quebrado, como também para o defeito ardido, se o nível for baixo, e para o verde, em níveis mais altos.

REFERÊNCIAS

- BRANDANI, E. B. Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja. Dissertação de Mestrado. 54p. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa. Instrução Normativa Mapa nº 8, de 8 de junho de 2003. [Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru.] Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 13 de jun. 2003.
- BRUNES, A.P.; ARAÚJO, A.D.; DIAS, L.K.; VILLELA, F.A.; AUMONDE, T.Z. Seedling length in wheat determined by image processing using mathematical tools. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 2, p. 374-379, 2016.
- CONAB. Safra de café 2017: terceiro levantamento, v.4, n.3, set. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe?limitstart=0>>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- DALVI, L.P.; SAKIYAMA, N.S.; SILVA, F.A.P. DA; TOMAZ, M.A.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. Produção de café de qualidade: classificação, colheita e pós-colheita (2019). Disponível em: <https://phytotecnics.com/content/files/Dalvi-Cafe.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- DE NEGREIROS, V. M. V.; NASCENTES, R. F.; BRUNELLI-NASCENTES, M. C. Efeitos da aplicação de regulador vegetal na maturação e na qualidade de bebida dos frutos do café. **Revista AgroFIB**, v. 1, n. 1, 2019.
- EMBRAPA. Safra dos Cafés do Brasil totaliza 50,92 milhões de sacas de 60kg de café em 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77216868/safra-dos-cafes-do-brasil-totaliza-5092-milhoes-de-sacas-de-60kg-de-cafe-em-2022>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- FERREIRA, O. J. M., DOS SANTOS ROCHA, L. A., SILVA-MANN, R., TORRES, M. F. O., SOUZA, J. L., DE JESUS DANTAS, S., ... & SANTOS, J. P. F. Tecnologia de análise de imagens para a seleção de sementes crioulas de milho. **Global Science and Technology**, v. 13, n. 2, 2020.
- FONSECA, Sara Botti. Tipos de beneficiamento e secagem influenciando a classificação física de grãos de café conilon. 2023. 38 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal do Espírito Santo, Itapina, 2023.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital image processing. 3. ed. New Jersey: PrenticeHall, 2010. 976 p.
- JUNIOR, Kleso Silva Franco et al. Qualidade do café arábica por diferentes granulometrias. **Revista Ciência Agrícola**, v. 17, n. 1, p. 31-35, 2019.

LIMA, J. M. E., SMIDERLE, O. J., OLIVEIRA, J. A., & CARVALHO, M. L. M. D. Técnicas de análise de imagem para caracterização da qualidade de sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth). **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1202-1216, 2018.

LOPES, J. M. B. Computação gráfica: cor e luz. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa 2003. 45 p.

MAIA, D. M. C. Análise dos parâmetros de produção, qualidade e comercialização da produção cafeeira em Goiás. 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

MARQUES, E. R., DE ASSIS, J. G., BUSTAMANTE, F. O., DE ANDRADE, D. B., DE CARVALHO, M. L., 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.

MARTINS, Heloisa da Silva; GUIMARÃES, Thiago Elias Paulino; NOGUEIRA, Thiago. A Importância do Café na Economia do Sul de Minas. A Importância do Café na Economia do Sul de Minas, 2022. Disponível em: <http://ibict.unifeob.edu.br:8080/jspui/handle/prefix/4092>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MATIELLO, J.B., PAIVA, R.N.; GARCIA, A.L.; FAGUNDES, A.V. Tipos de “chochamento” em frutos de cafeeiros. 2014. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6555/27_40-CBPC-2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 05 set. 2021.

MEDEIROS, J. C., CARVALHO, E. R., ANDRADE, D. B. D., MORAES, L. F. D. S., LIMA, J. M. E., MASSA, M. A. F. Quality of corn seed industrial seed treatment (IST) and on-farm treatment (OFT) in Brazilian agribusiness. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345017, 2023.

MELO, M.L.O. DE, ELIAS, A.M.T.; DA SILVA, S.P. Identificação dos principais defeitos intrínsecos e extrínsecos para fins de classificação de grãos de café (*Coffea arábica* L. e *Coffea conilon*) distribuídos a empresas do agreste pernambucano. Doi: 10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0092

MOREIRA, Priscila Carvalho et al. Produtividade e economia de fatores de produção na cafeicultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 6, 2019.

OYAMA, P. D. C., Rodrigues, E. L. L., JORGE, L. D. C. Methodology to classify coffee beans samples through shape, colour and texture descriptors. In: WORKSHOP DE VISÃO COMPUTACIONAL-WVC, 9., 2013, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: FGV 2013.

OYAMA, P.I.C. Método para classificação de café em grãos por imagens digitais pelo uso de atributos selecionados de morfologia, cor e textura. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Carlos, 2014.

RIBEIRO, Larissa Katiê Moreira. Análise de imagens de plântulas para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos). Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

SANTOS, F.L.; NANTES, J.F.D; Coordenação no mercado do café brasileiro: o desserviço da classificação por defeitos. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 21, n. 3, p. 586-599, 2014.

SCAA Protocols | Cupping Specialty Coffee: Published by the Specialty Coffee Association of America. Published by the Specialty Coffee Association of America. 2015. Disponível em: Acesso em: <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Café: cafés especiais. Brasília. p. 104, 2017.

VIEIRA, Henrique Duarte. Café rural: noções da cultura. Rio de Janeiro: Interciência LTDA, 2017.

ZHANG, YuJin et al. **Image processing**. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2017.