

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Sandy Salete Dalla Rosa

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE FOTOGRAFIA DIGITAL NA CRIAÇÃO
DE UM BANCO DE IMAGENS DE DOENÇAS DE PLANTAS

CURITIBANOS
2022

Sandy Salete Dalla Rosa

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE FOTOGRAFIA DIGITAL NA CRIAÇÃO
DE UM BANCO DE IMAGENS DE DOENÇAS DE PLANTAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Ciência Rurais da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. João Batista Tolentino Jr.

Coorientadora: Profa. Dra. Adriana Terumi
Itako

Curitibanos

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rosa, Sandy Salete Dalla
Aplicação de ferramentas de fotografia digital na criação de um banco de imagens digitais de doenças de plantas /
Sandy Salete Dalla Rosa ; orientador, João Batista Tolentino Júnior, coorientadora, Adriana Terumi Itako,
2022.
61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Fitopatologia. 3. Imagens digitais. 4. Edição de imagens. 5. Doenças em plantas. I. Tolentino Júnior, João Batista . II. Itako, Adriana Terumi . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. IV. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

Sandy Salete Dalla Rosa

Aplicação de ferramentas de fotografia digital na criação de um banco de imagens digitais de doenças de plantas

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Agrônoma e aprovado em sua forma final pelo Curso de Agronomia

Curitibanos, 04 de novembro de 2022.



Documento assinado digitalmente

Douglas Adams Weiler

Data: 04/12/2022 16:07:53-0300

CPF: ***.111.820-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

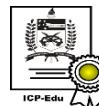
João Batista Tolentino Junior

Data: 04/12/2022 14:03:21-0300

CPF: ***.784.969-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. João Batista Tolentino Júnior
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Gabriel Felip Gomes Olivo

Data: 05/12/2022 14:49:50-0300

CPF: ***.855.059-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Me. Gabriel Felip Gomes Olivo
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

DANIELLE CRISTINA ORTIZ

Data: 03/12/2022 12:16:01-0300

CPF: ***.345.749-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Ma. Danielle Cristina Ortiz
Avaliadora
Universidade do Estado de Santa Catarina

*Dedico este trabalho a minha família, que sempre me incentivaram e
sonharam junto comigo*

AGRADECIMENTOS

Minha eterna gratidão

Primeiramente a Deus, pela saúde, fé e oportunidades que consegui ao passar dos anos e por me dar sempre forças para não desistir dos meus sonhos, mesmo quando parecia tão difícil conquistá-los.

Aos meus pais, Jucelia S. Schwartz Dalla Rosa e Luiz Carlos Dalla Rosa, por todo o apoio, amor, carinho e por me incentivarem sempre a estudar e ir em busca dos meus sonhos, vocês serão sempre minha inspiração.

A minha irmã Suani e ao meu cunhado Marcos, pela parceria de sempre, por sempre me apoiarem e auxiliarem em todos esses anos de estudos mesmo de longe, com tanto amor e carinho. Ao meu afilhado Ravi que mesmo sem ter chego ainda, tem todo o meu amor.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Batista Tolentino Jr., pela oportunidade de ser sua orientada, e por toda a atenção e paciência para repassar todos os ensinamentos, mas principalmente pela amizade e minha coorientadora Profa. Dra. Adriana Terumi Itako, por todos os aprendizados, em especial a todo o carinho, risadas e amizade. Só tenho a agradecer por tudo que fizeram por mim, onde se tornaram minha segunda família e levarei para sempre comigo essa amizade que construímos.

Aos meus amigos Agnes, Larissa, Mariana e Pedro, que mesmo longe se fizeram presentes e sempre estiveram comigo independente da situação.

Ao meu grupo de amigas que me acompanharam desde o primeiro dia de faculdade até o presente momento, meu muito obrigada, em especial a Bruna P., Dalila e Andressa.

Aos demais amigos de faculdade que foram essenciais nesses anos e que levarei com muito carinho para a vida: Constanza, Gabrielly, José Antônio, Maryelza, Rubens, Sabrina e Sandriele.

A todos os integrantes do grupo GEFAI.

Meu eterno agradecimento a todos os professores por todas as oportunidades e ensinamentos adquiridos, vocês foram essenciais nessa trajetória. A Universidade Federal de Santa Catarina Campus de Curitibanos, pela infraestrutura e apoio financeiro, e aos servidores também meu muito obrigada.

A todas as pessoas que conheci e pude conviver ao longo desses anos de faculdade, que me incentivaram e apoiaram para minha formação acadêmica e pessoal, meu eterno agradecimento.

RESUMO

Nos últimos anos a tecnologia relacionada a câmeras e programação vem avançando cada dia mais. Desse modo, as imagens digitais começaram a ficar mais reconhecidas e utilizadas no meio agrícola, devido a facilidade, acessibilidade e agilidade na solução de problemas. A diagnose de doenças em plantas depende da manifestação do sintoma que é visível ao olho humano, por conseguinte, é de difícil interpretação pelo avaliador, devido as semelhanças dos sintomas e também pelo avanço da severidade de diversas doenças. Sendo assim, a determinação de doenças em plantas pode ser facilitada através de fotografias digitais feitas com o uso de ferramentas e técnicas corretas, que resultam em imagens digitais nítidas e com qualidade, tornando o trabalho da identificação das doenças em plantas mais simples. Deste modo, a determinação de cada doença nas plantas pode ser facilitada com o uso do banco de imagens digitais, que apresente diferentes culturas que foram afetadas por doenças. Primeiramente, foi feita a coleta de diversos materiais com a incidência de doença Em seguida, fotografadas por meio de *smartphones* e câmera digital DSLR, juntamente com ferramentas e diferentes técnicas de fotografia. Posteriormente, as imagens digitais foram submetidas a uma edição no software GIMP e no aplicativo Lightroom, para delimitar e melhorar a qualidade destas. A partir do pacote *bookdown* da plataforma RStudio, foi desenvolvido o banco de imagens, juntamente com a linguagem R e a linguagem R Markdown. Em relação aos resultados, o site pode ser acessado pelo link <https://gefai.ufsc.br/>. As imagens das partes das plantas doentes foram hierarquizadas segundo a ordem, gênero e espécie do agente causal, associadas aos hospedeiros. Foram catalogadas mais de 90 imagens, de filos distintos, 23 doenças e de 30 das principais culturas agrícolas do Brasil, com imagens de alta qualidade. O uso de ferramentas e técnicas como a iluminação, plano de fundo, posição do equipamento, sensibilidade ISO, exposição, abertura do diafragma e velocidade do obturador permitiram a obtenção de imagens de alta qualidade, que apresentaram excepcionalmente os sintomas das doenças, sendo essencial no momento da diagnose. O Banco de Imagens Digitais de Doenças de Plantas pode ser considerado uma ferramenta auxiliar na diagnose de doenças, em virtude da diversidade de dados sobre as doenças e culturas, resolução das imagens, facilidade e rapidez no momento da consulta.

Palavras-chave: Edição de imagens, Fitopatologia, Imagens digitais.

ABSTRACT

In recent years, technology related to cameras and programming has been advancing more and more. In this way, digital images began to be more recognized and used in the agricultural environment, due to their ease, accessibility and agility in solving problems. The diagnosis of plant diseases depends on the manifestation of the symptom that is visible to the human eye, therefore, it is difficult to interpret by the evaluator, due to the similarities of the symptoms and also to the increase in the severity of several diseases. Thus, the determination of plant diseases can be facilitated through digital photographs taken using the correct tools and techniques, which result in clear and quality digital images, making the work of identifying diseases in plants simpler. In this way, the determination of each disease in the plants can be facilitated with the use of the digital image bank, which presents different cultures that were affected by diseases. First, various materials were collected with the incidence of the disease. Then, they were photographed using smartphones and a DSLR digital camera, along with tools and different photography techniques. Subsequently, the digital images were submitted to an edition in the GIMP software and in the Lightroom application, in order to delimit and improve their quality. From the bookdown package of the RStudio platform, the image bank was developed, together with the R language and the R Markdown language. Regarding the results, the website can be accessed through the link <https://gefai.ufsc.br/>. The images of diseased plant parts were hierarchized according to the order, genus and species of the causal agent, associated with the hosts. More than 90 images of different phyla, 23 diseases and 30 of the main agricultural crops in Brazil were catalogued, with high quality images. The use of tools and techniques such as lighting, background, equipment position, ISO sensitivity, exposure, diaphragm opening and shutter speed allowed obtaining high quality images, which exceptionally showed the symptoms of the diseases, being essential in the time of diagnosis. The Digital Image Bank of Plant Diseases can be considered an auxiliary tool in the diagnosis of diseases, due to the diversity of data on diseases and crops, image resolution, ease and speed at the time of consultation.

Keywords: Image editing. Phytopathology, Digital images.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Etapas de um sistema de processamento de imagens.....	18
Figura 2.	Representação de um pixel de imagem.....	19
Figura 3.	Representação de imagem preto e branca com células que podem variar de valor de 0 (preto) a 255 (branco).	20
Figura 4.	Demonstração de 3 modelos (RGB) que formam a imagem digital colorida.	20
Figura 5.	Efeito da redução da resolução espacial (em pixels) mantendo as mesmas dimensões para demonstrar a perda dos detalhes. (a) 714 x 757 pixel; (b) 357 x 379 pixel; (c) 178 x 190 pixel; (d) 89 x 95 pixel; (e) 40 x 43 pixel; (f) 20 x 22 pixel.....	21
Figura 6.	Comparação de imagem capturada com luz artificial (a) e sem a presença de luz (b)	23
Figura 7.	Imagens capturadas em diferentes colorações de fundo, com a mesma Placa de Petri	24
Figura 8.	Mini estúdio de cabine fotográfica	24
Figura 9.	Utilização da câmera DSLR com tripé para fotografia.	25
Figura 10.	Programa de edição (GIMP).....	26
Figura 11.	Aplicativo de edição (Lightroom).	26
Figura 12.	Comparação de diferentes valores de realce.....	27
Figura 13.	Segmentação de imagem no software GIMP, isolando o fruto com antracnose	27
Figura 14.	Triângulo de exposição.....	28
Figura 15.	Câmera digital no modo manual, evidenciando a configuração da abertura do diafragma, velocidade do obturador e sensibilidade ISO.....	28
Figura 16.	Tipos de exposição	29
Figura 17.	Fotômetro	29
Figura 18.	Comparação de valores de ISO em local com pouca luz.	30
Figura 19.	Comparação de valores de ISO em local com bastante luz.	30
Figura 20.	Processo de captura de imagem.....	31
Figura 21.	Velocidade do obturador	31

Figura 22.	Abertura do diafragma.....	32
Figura 23.	Lightroom em <i>smartphone</i> iOS (direita) e android (esquerda).	33
Figura 24.	Configurações do Lightroom.....	33
Figura 25.	Comparação de diferentes exposições no Lightroom.....	34
Figura 26.	Comparação de baixo e alto valor de ISO no aplicativo Lightroom.	34
Figura 27.	Demonstração do foco nos detalhes.	35
Figura 28.	Comparação de diferentes porcentagens de foco.	35
Figura 29.	Utilização da grade no aplicativo Lightroom.	36
Figura 30.	Correlações entre imagens com resolução reduzida e qualidade de imagem reduzida em relação às imagens originais de 8,4 MP	38
Figura 31.	Coleta de folha de Videira com a presença de Míldio (<i>Plasmopara viticola</i>) .	45
Figura 32.	Esquema para obtenção da imagem digital	46
Figura 33.	Imagen digital obtida em fundo escuro da mancha púrpura (<i>Cercospora kikuchii</i>) na soja (A) e em fundo claro do míldio (<i>Plasmopara vitícola</i>) na Videira (B).....	47
Figura 34.	Etapas da criação do Banco de Imagens, (A)Imagens organizadas e classificadas por pastas, (B) Nome e endereço das pastas, (C) Plataforma GitHub, (D) Ferramenta GitHub Pages	48
Figura 35.	Folha de Videira com míldio sem iluminação artificial e com iluminação artificial.	49
Figura 36.	Utilização da ferramenta de seleção para isolação da doença	50
Figura 37.	Utilização da ferramenta de equilíbrio de cores para destacar o sintoma da doença.	51
Figura 38.	Demonstração de folha de Videira com presença de míldio com iluminação artificial em diferentes ISO, com tempo de exposição de 1/50 s e abertura do diafragma de f/1.8	51
Figura 39.	Demonstração de folha de Videira com presença de míldio com iluminação artificial em diferentes tempos de exposição, com ISO 25 e abertura do diafragma de f/1.8 ..	52
Figura 40.	Demonstração de folha de Videira com presença de míldio com iluminação em diferentes aberturas do diafragma, com ISO 100 e exposição 1/50	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Sensor em comparação a qualidade do sensor.....	22
Tabela 2.	Imagens digitais de plantas com presença de doenças coletadas, conforme filo, ordem e gênero.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIB - Produto Interno Bruto

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

DSLR - Digital Single Lens Reflex (Reflexo Digital de Lente Única)

MP – Megapixel

ISO - International Standards Organization (Organização Internacional para a Normalização)

JPEG - Joint Photographers Expert Group

TIFF - Tag Image File Format

KP - Kilopixel

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA	16
2 PROTOCOLO PARA A REALIZAÇÃO DA CAPTURA DE IMAGENS DIGITAIS.....	17
2.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS	17
2.2 FERRAMENTAS DE FOTOGRAFIA DIGITAL	18
2.2.1 Quantidade de pixel.....	19
2.2.2 Resolução espacial	20
2.2.3 Sensores	21
2.3 PRÁTICAS PARA A CAPTURA DE IMAGENS DE DOENÇAS	22
2.3.1 Iluminação.....	22
2.3.2 Plano de fundo da imagem.....	23
2.3.3 Posicionamento do equipamento	24
2.3.4 Pós-processamento.....	25
2.3.5 Realce.....	26
2.3.6 Segmentação.....	27
2.4 UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA CÂMERA DIGITAL DSLR E SMARTPHONES	28
2.4.1 Exposição.....	29
2.4.2 Sensibilidade ISO.....	30
2.4.3 Velocidade do obturador.....	30
2.4.4 Abertura do diafragma	31
2.5 TÉCNICAS PARA CÂMERA DIGITAL DSLR E SMARTPHONES.....	32
2.5.1 Exposição.....	33
2.5.2 Sensibilidade ISO.....	34
2.5.3 Foco.....	35
2.5.4 Grade	35
2.6 COMPRESSÃO DAS IMAGENS DIGITAIS	37
3 DESENVOLVIMENTO DO BANCO DE IMAGENS DIGITAIS DE DOENÇAS DE PLANTAS.....	39

3.1	IMPORTÂNCIA DA DIAGNOSE DE DOENÇAS EM PLANTAS	39
3.2	DETECÇÃO DE DOENÇA EM PLANTAS ATRAVÉS DE IMAGENS DIGITAIS	41
3.3	TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM VIRTUAL EM FITOPATOLOGIA	42
4	MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1	COLETA, ARMAZENAMENTO E OBETENÇÃO DE IMAGENS	44
4.2	DIAGNOSE DE DOENÇAS.....	47
4.3	CRIAÇÃO DO BANCO DE IMAGENS	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
6	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que mais produz alimentos mundialmente, entre esses produtos estão os grãos, os frutos e as hortaliças (EMBRAPA, 2022). Desta forma, o cultivo destes produtos é de grande importância, tanto economicamente quanto na alimentação mundial, gerando empregos e consequentemente, aumentando o PIB do setor agrícola. No ano de 2021, o PIB do setor agrícola teve um aumento considerável de 14,5% em relação ao primeiro semestre de 2021 (CEPEA, 2022). Com essa grande demanda mundial por alimento, um dos fatores essenciais para uma alta produção é a correta diagnose de doenças em plantas, na qual medidas de manejo devem ser decididas de forma imediata (LIMA; MASSRUHÁ, 2008).

Entre 10 e 40% da produção agrícola é perdida devido as doenças, incluindo as culturas de grande importância agrícola, tanto para alimentação humana como animal (KAN-RICE, 2019). “O sucesso de uma estratégia de manejo é dependente de fatores que envolvem o conhecimento da planta, dos patógenos em potenciais e das doenças que de fato incidem sobre estas” (SILVEIRA; GRAICHEN, 2012).

O setor agropecuário vem sendo cada vez mais auxiliado pelas diversas tecnologias que vem sendo criadas a todo momento, facilitando o dia-a-dia dos profissionais que atuam na área. Na área da tecnologia, surgem as fotografias digitais, que através do uso de *smartphones*, câmeras digitais e alguns fundamentos da fotografia, resultam em imagens digitais de alta qualidade que podem auxiliar na diagnose de doenças, de forma rápida, fácil e precisa.

A Fitopatologia é uma área com uma vasta série de estudos, entre elas: relações planta-patógeno com o meio ambiente; epidemiologia; etiologia e sintomatologia das plantas. Esta última é importante para a efetuar a diagnose e escolher os métodos corretos para prevenir e controlar as doenças que ocorrem nas plantas. As doenças em plantas correspondem a uma atividade fisiológica que se torna invasiva, provocada por uma irritação constante causada por um fator causal primário, tornando-se visível através da atividade celular irregular e manifestando-se através de sintomas (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016).

A dificuldade em realizar a identificação de doenças ocorre devido à falta de ferramentas adequadas e a limitação ao acesso aos materiais corretos. Diante disso, é importante investir em novos materiais de referência, como por exemplo, um banco de imagens digitais, visto que as pesquisas relacionadas a esse assunto são de herbários tradicionais, com poucas imagens e muitas vezes com coloração preta e branca.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Utilizar diferentes técnicas e ferramentas de fotografia para capturar e aperfeiçoar imagens digitais de doenças em plantas em diferentes ambientes, com o intuito de desenvolver um Banco de Imagens Digitais de Fitopatologia e disponibilizar materiais para o auxílio na diagnose de doenças de plantas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar coleta de diversas culturas e doenças, para a criação do Banco de Imagens Digitais de doenças de plantas;
- Fazer o registros de imagens digitais de plantas doentes, com as ferramentas e técnicas de fotografia digital apresentadas no atual trabalho.
- Criar um banco de imagens digitais com fotografias e informações de doenças de plantas, contendo uma grande diversidade de culturas e fitopatógenos;
 - Hospedar em um site contendo informações e imagens para o público interessado;

1.2 JUSTIFICATIVA

As doenças que ocorrem em plantas são consideradas uma grande preocupação do setor agrícola, um dos fatores é o elevado custo de tratamentos fitossanitários, e consequentemente, a contaminação do meio ambiente e do homem pelo uso de tratamentos químicos. Sendo assim, a diagnose de doenças tem uma grande importância, tanto econômica como social, mas para realizar esse trabalho, necessita-se de ferramentas adequadas. Geralmente, os profissionais do setor agrícola recorrem aos livros de Fitopatologia Agrícola para realizar as diagnoses em plantas. Contudo, com o passar dos anos a agricultura tem se modernizado e tornou mais importante apresentar avanços no sistema de aprendizagem, auxiliando neste setor com uma maior facilidade e rapidez. Assim, o Banco de Imagens Digitais de Fitopatologia é um exemplo de ferramenta desenvolvida a fim de auxiliar na diagnose de doenças na agricultura.

2 PROTOCOLO PARA A REALIZAÇÃO DA CAPTURA DE IMAGENS DIGITAIS

De acordo com Hélio (2008) atualmente a tecnologia vem crescendo cada vez mais. Entre elas, estão as imagens digitais em diversas áreas, como é o caso medicina, sensoriamento remoto, arqueologia, entre outras. No caso da fitopatologia não é diferente, sendo de suma importância tanto em caso de captura de imagens *in vitro* para a contagem de conídios, como também, a captura de imagens de plantas doentes. Para a obtenção dessas imagens digitais, é necessário seguir diversas etapas, que serão detalhadas a seguir.

2.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

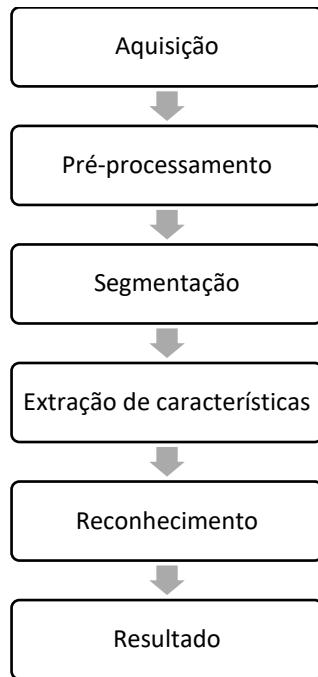
Segundo Pedrini e Schwartz (2008), o processo para a obtenção de imagens digitais possui as seguintes etapas: aquisição, pré-processamento, segmentação, extração de características, reconhecimento e, por fim, o resultado (Figura 1).

A etapa de aquisição se refere ao uso de câmeras digitais e *smartphones* para capturar a imagem, sendo nesse momento utilizados métodos e técnicas como a iluminação, posição do equipamento, plano de fundo da imagem, exposição, sensibilidade ISO, abertura do diafragma e velocidade do obturador.

A etapa seguinte, pré-processamento, tende a melhorar as imperfeições das imagens, resultando em uma fotografia digital de qualidade.

O processo de segmentação, consiste em destacar o objeto ou a área de interesse, sendo necessário separar esse objeto do plano de fundo ou utilizar técnicas que realizem essa atividade, deste modo extraindo a imagem com a área de interesse. A partir da área extraída do objeto é feita a identificação para a análise e, por fim, a classificação (DE QUEIROZ; GOMES, 2006). A última etapa é a classificação, também conhecida como reconhecimento, em que, é dado um significado ao material vegetal por meio das características que foram analisadas através do mesmo, e no fim do processo gera-se a imagem digital com alta qualidade e descrita com os aspectos que lhe foram atribuídos, neste caso o resultado (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Figura 1. Etapas de um sistema de processamento de imagens.



Fonte: Adaptado de Pedrini e Schwartz (2008)

2.2 FERRAMENTAS DE FOTOGRAFIA DIGITAL

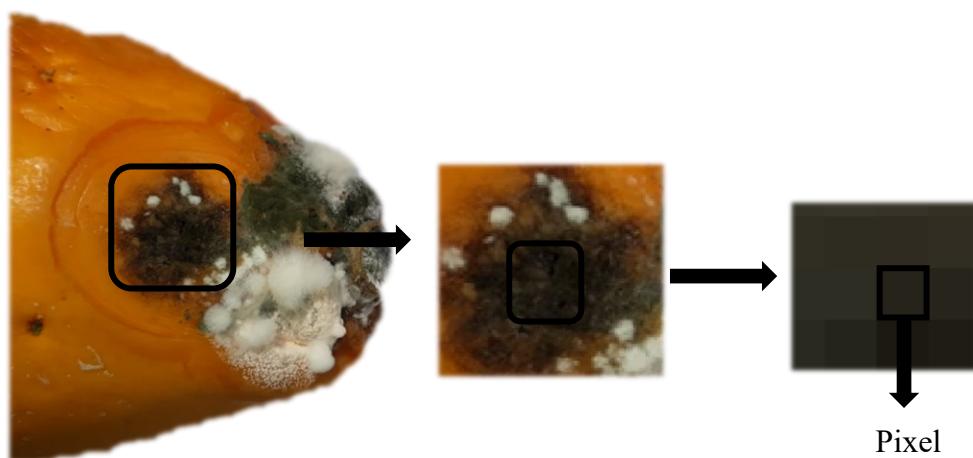
Entre os equipamentos mais utilizados para a obtenção destas imagens, estão as câmeras digitais e as câmeras de *smartphones*. De acordo com Barbedo (2016), os equipamentos utilizados atualmente entregam boas resoluções e devido à grande evolução da tecnologia, são eficazes até para a visualização de pequenas lesões. No entanto, o autor disserta que a câmera digital vai fornecer um melhor desempenho óptico quando comparado a câmera de um celular, sobretudo, quando é utilizado para detalhes pequenos.

Nesta etapa, é primordial saber escolher o equipamento para capturar a imagem digital, que depende de alguns elementos, como a resolução espacial, qualidade dos sensores, quantidade de pixel, entre outros. Com relação aos equipamentos que foram empregados, está a câmera profissional e *smartphone* para captura das imagens, ring light e mini studio fotográfico para a iluminação, e tripé para a estabilização dos equipamentos.

2.2.1 Quantidade de pixel

Quando se amplia a imagem digital em uma tela, pode-se observar diversos pontos juntos, onde cada ponto possui um formato quadrado e cada um possui uma cor. Quando se juntam vários desses pontos, a imagem digital é formada como mostra a Figura 2. Essa é a definição do pixel, que é um ponto de uma imagem digital, em que cada pixel da imagem possui sua própria cor. A qualidade das imagens está envolvida com a quantidade de pixels, mais comumente expressa na unidade de Megapixel, que corresponde a um milhão de pixels. Contudo, não é apenas a quantidade de pixels que demonstra se a imagem digital tem uma qualidade boa, já que há outros elementos envolvidos (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

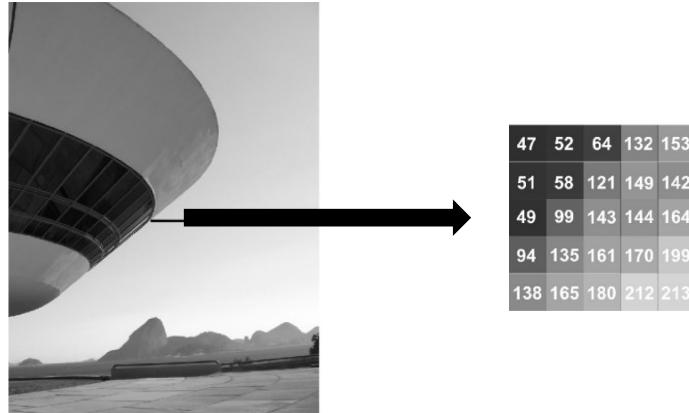
Figura 2. Representação de um pixel de imagem.



Fonte: Autora

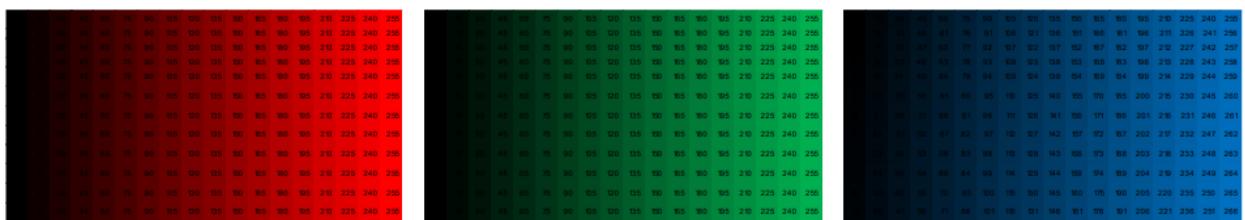
Para a imagem ser processada pelo computador, precisa ser descrita e representada por uma escala de cores que é finita, onde há variação de 0 a 255, o valor 0 equivale a cor preta e 255 a cor branca (Figura 3). Acerca de imagem colorida, para ser formada e assim poder se tornar perceptível, precisa ter no mínimo três planos a quantidade de três camadas de cor (RGB), vermelho (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*) e realiza-se a junção das mesmas, e que variam também entre o nível de 0 a 255 (Figura 4). (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Figura 3. Representação de imagem preto e branca com células que podem variar de valor de 0 (preto) a 255 (branco).



Fonte: Adaptado de CONCI; AZEVEDO; LETA (2008)

Figura 4. Demonstração de 3 modelos (RGB) que formam a imagem digital colorida.



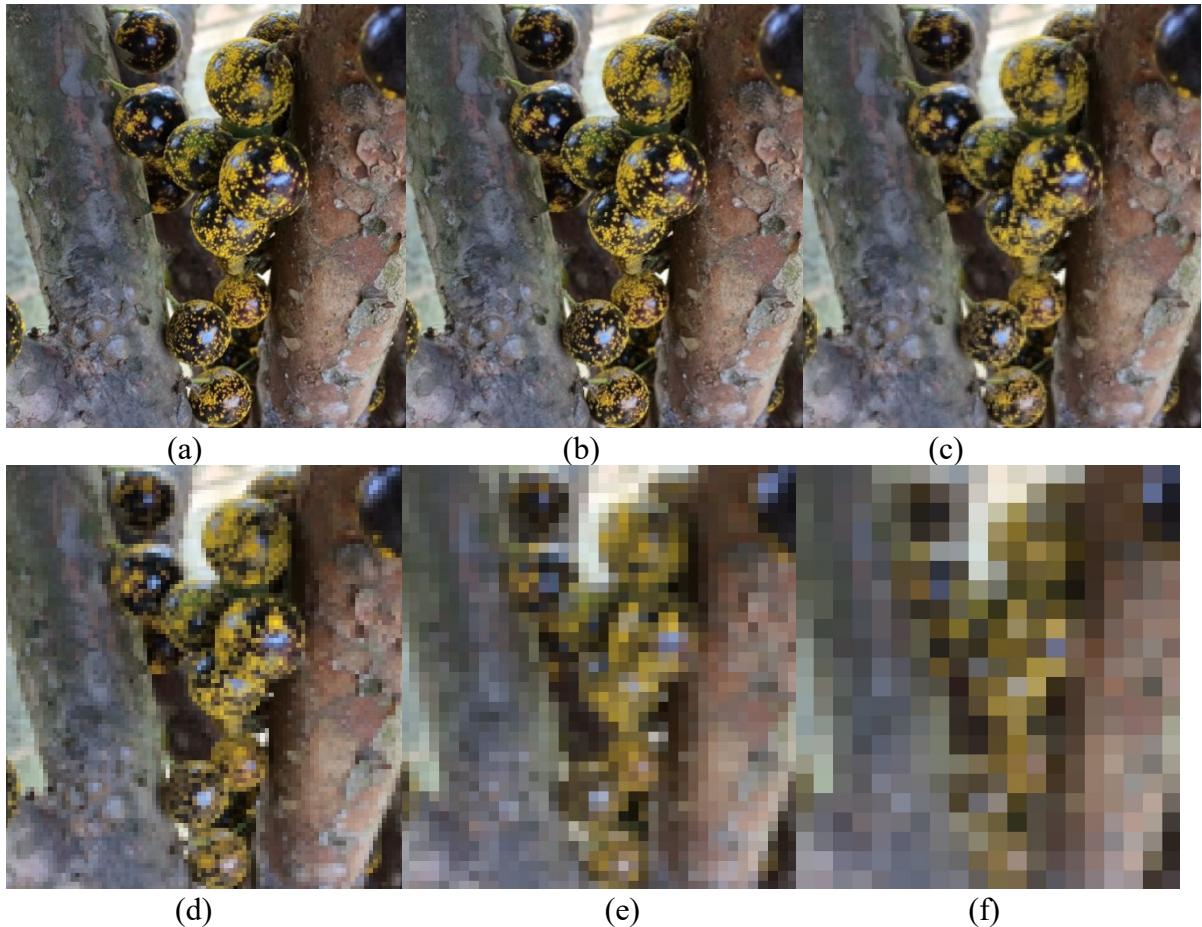
Fonte: ANTONELLO (2018)

2.2.2 Resolução espacial

A resolução espacial está diretamente relacionada com a densidade dos pixels e mostra as diferenças das características que estão contidas nessas imagens digitais (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). A maior resolução vai ocorrer, quando a densidade dos pixels for maior, e quanto menor for o pixel maior será a quantidade de detalhes incluídos na imagem, desta maneira a resolução é a quantidade de detalhes que tem em uma fotografia digital.

Cada pixel de uma imagem possui uma dimensão diferente, dependendo se a resolução for menor ou maior, sendo que, quanto menor for essa resolução, maior será a perda de detalhes. Quando uma imagem é redimensionada, ocorre alteração no número de pixels que a imagem possui, ou seja, modifica os detalhes que essa imagem tinha (Figura 5).

Figura 5. Efeito da redução da resolução espacial (em pixels) mantendo as mesmas dimensões para demonstrar a perda dos detalhes. (a) 714 x 757 pixel; (b) 357 x 379 pixel; (c) 178 x 190 pixel; (d) 89 x 95 pixel; (e) 40 x 43 pixel; (f) 20 x 22 pixel.



Fonte: Autora

2.2.3 Sensores

Um dos elementos mais importantes da câmera digital e da câmera do celular é o sensor. As câmeras digitais DSLR possuem sensores maiores, em comparação aos *smartphones* que possuem sensores menores (Tabela 1). Uma vez que os sensores maiores possuem pixels maiores, que vão captar maior quantidade de luz, e consequentemente, melhor será a qualidade da imagem digital em relação à sua nitidez (PATUSSI, *et al.*, 2018). Portanto, as imagens com maior qualidade são resultantes de câmeras digitais que possuem sensores maiores, quando comparadas com a de *smartphones*.

Tabela 1. Sensor em comparação a qualidade do sensor

Group name	Equipment set	Sensor	Operational mode
APSCcan18-55	Camera body: Canon EOS T5i Lens: Canon EF-S 18-55 mm Flash: Pop-up	APS-C 22.2x14.8mm	Resolution: 18 MP Mode: automatic ISO: 200 Flash: on
APSCcan100	Camera body: Canon EOS T5i Lens: Canon EF 100 mm f/2.8 Macro IS USM, Flash: Canon Macro Ring Lite MR-14EX, in mode ETTL	APS-C 22.2x14.8mm	Resolution: 18 MP Mode: Manual ISO: 100 Opening: f/32 Shutter speed: 1/100
APSCnik18-55	Camera body: Nikon D5100 Lens: Nikon AF-S DX Nikkor 18-55 mm Flash: Pop-up	APS-C 23.6x15.6 mm	Resolution: 16.2 MP Mode: automatic ISO: 200 Flash: on
APSCnik100	Camera body: Nikon D5100 Lens: Sigma 105mm f/2.8 EX DG OS HSM Macro Flash: Sigma EM-140 DG Macro Ring, in mode ETTL	APS-C 23.6x15.6 mm	Resolution: 16.2 MP Mode: Manual ISO: 100 Opening: f/32 Velocity: 100
ip1/3"	Apple iPhone	1/3-inch - 4.9x3.7 mm	Resolution: 8 MP Mode: automatic ISO: automatic Flash: on
ga1/2.6"	Samsung Galaxy	1/2.6-inch - 5.8x4.0 mm	Resolution: 16 MP Mode: automatic ISO: automatic Flash: on

Fonte: PATUSSI *et al.*, 2018

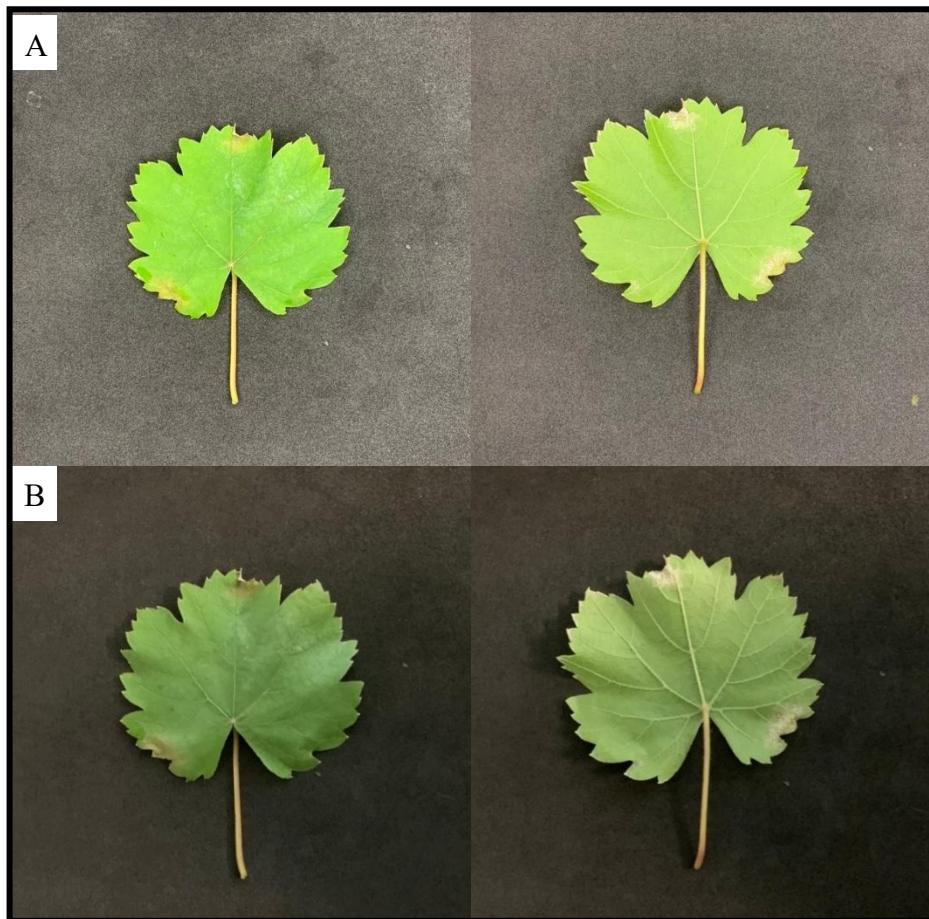
2.3 PRÁTICAS PARA A CAPTURA DE IMAGENS DE DOENÇAS

2.3.1 Iluminação

A luz é o principal elemento para a captura de imagens digitais, tanto as realizadas a campo (luz natural) como em laboratório (luz artificial). Para entender como a luz funciona, é preciso analisar qual é o tipo da luz e a direção que está vindo até o objeto, para que não ocorra condições que causem problemas nas imagens, como por exemplo, a presença de sombra. A luz frontal (luz que incide atrás de quem está fotografando) é a que torna as imagens mais nítidas. A iluminação que ocorre por trás do assunto é a que resulta nos contornos e a iluminação que surge dos lados do objeto, dar maior contraste (CARROL, 2014).

Em fotos realizadas a campo, deve-se certificar que o local tenha iluminação adequada e homogênea, sem focos de luz ou sombras, e se preciso utilizar um *softbox* para homogeneizar a luz do ambiente e tripé para a exposição (BITTENCOURT *et al.*, 2022). A Figura 6 compara uma imagem capturada com luz artificial e apenas iluminada com a luz natural.

Figura 6. Comparação de imagem capturada com luz artificial (a) e sem a presença de luz (b)



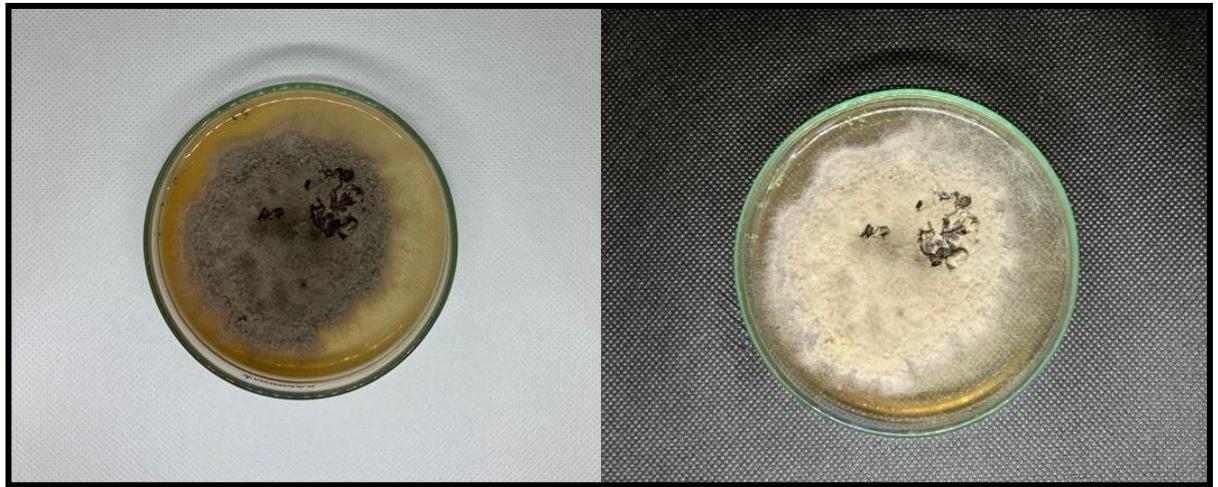
Fonte: Autora

2.3.2 Plano de fundo da imagem

Quando capturamos a fotografia em laboratório, o plano de fundo é o primeiro passo a ser planejado, principalmente, a escolha da cor do plano de fundo, que estará diretamente ligada com a segmentação. Quando utilizado um painel de coloração branca ou preta (cores mais utilizadas) atrás do objeto (fruto, folhas, sementes), a segmentação é feita mais facilmente do que quando comparada a utilização de outras cores de fundo (BARBEDO, 2016).

O plano de fundo também altera a percepção da imagem, como pode ser observado na Figura 7, onde é perceptível como a escolha do plano de fundo afeta na coloração real do objetivo. Um estúdio ou mini estudo com fundo de coloração uniforme pode ser utilizado para melhorar a captura das imagens (Figura 8).

Figura 7. Imagens capturadas em diferentes colorações de fundo, com a mesma Placa de Petri



Fonte: Autora

Figura 8. Mini estúdio de cabine fotográfica



Fonte: Autora

2.3.3 Posicionamento do equipamento

Através do posicionamento e do ângulo dos equipamentos para a captura da imagem, pode-se diminuir os problemas relacionados com a iluminação do local, diminuindo a probabilidade de ocorrer reflexos e sombras na imagem digital (BARBEDO, 2016). O ângulo da câmera afeta diretamente no resultado final, sendo preferível que o objeto e o equipamento estejam no mesmo ângulo (CRUZ, 2017). A utilização do tripé para fotografia, como ilustrado

na Figura 9, auxilia na estabilidade no momento da captura da imagem, podendo movimentar a câmera e capturar as imagens em diversos ângulos, de modo a definir o melhor ângulo para a fotografia.

Figura 9. Utilização da câmera DSLR com tripé para fotografia.

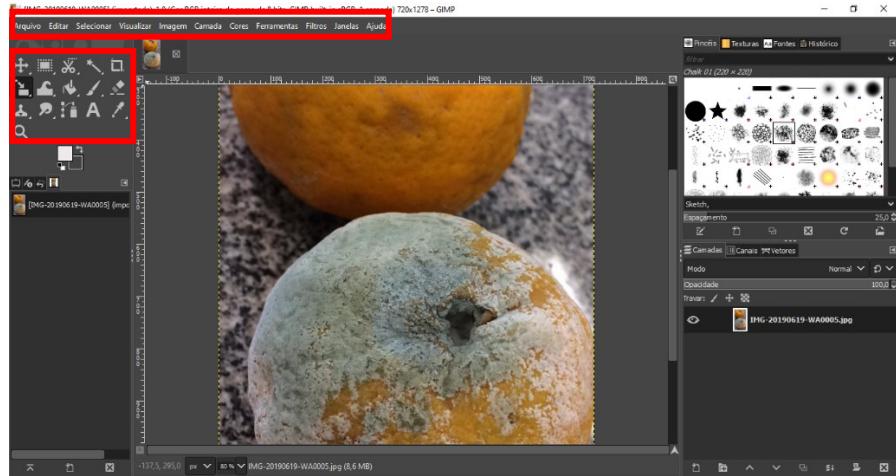


Fonte: Autora

2.3.4 Pós-processamento

Quando a imagem está danificada, é utilizada a técnica da restauração, que procura compensar os defeitos que são causados por falta de foco, contraste, iluminação ou tenham ruídos (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008). A restauração de imagens, quando feita por computador, é realizada através de programas de edição, como exemplo do “GIMP” (Figura 10) e aplicativos de edição em celulares, como exemplo do “Lightroom”.

Figura 10. Programa de edição (GIMP).



Fonte: Autora

Figura 11. Aplicativo de edição (Lightroom).

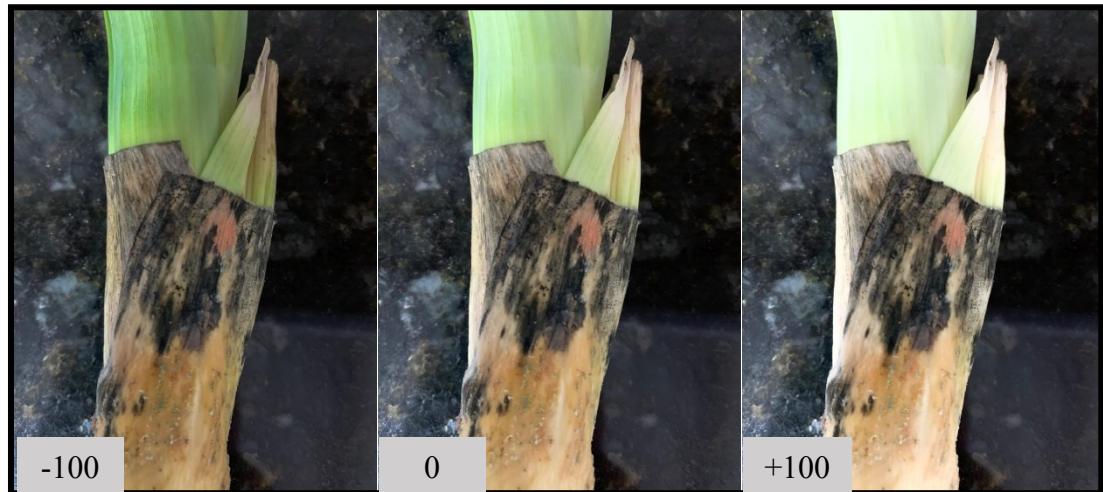


Fonte: Autora

2.3.5 Realce

O realce tem como finalidade ressaltar os detalhes da imagem que são de maior interesse, como por exemplo, os sintomas em um fruto, folha ou grão. (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008). (Figura 10)

Figura 12. Comparação de diferentes valores de realce

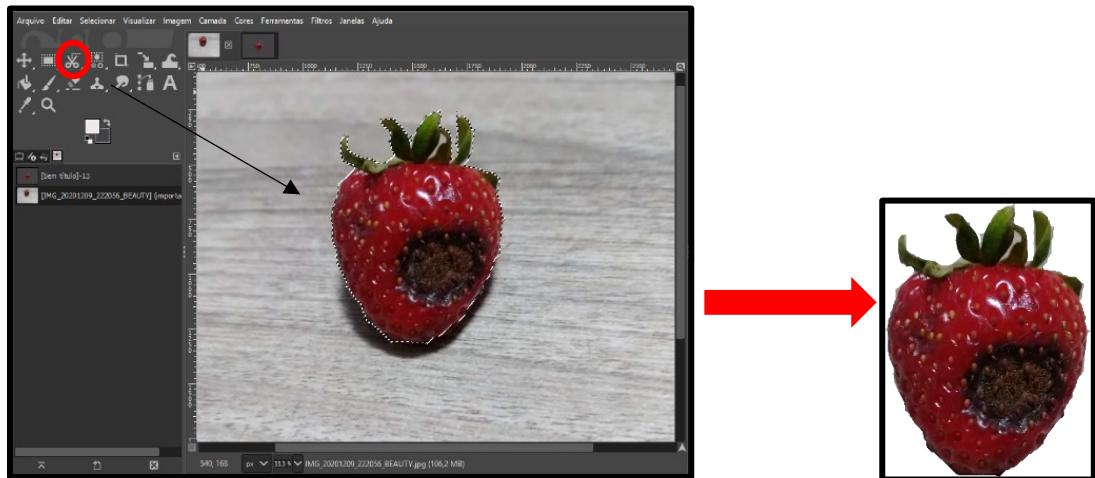


Fonte: Autora

2.3.6 Segmentação

Na área de imagens de doenças de plantas, a segmentação é de suma importância, pois através dela que se pode isolar a planta do fundo, como também delimitar o sintoma da doença (Figura 13). (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Figura 13. Segmentação de imagem no software GIMP, isolando o fruto com antracnose



Fonte: Autora

2.4 UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA CÂMERA DIGITAL DSLR E SMARTPHONES

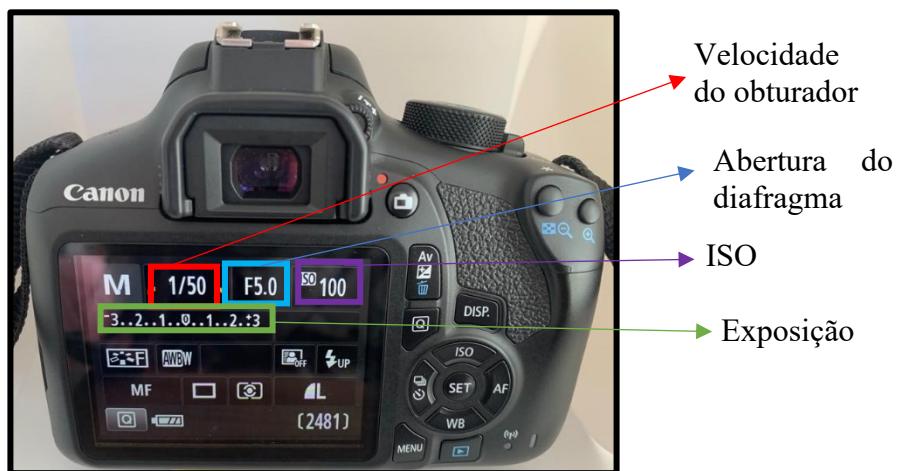
De acordo com Murari (2020), a câmera digital tem diversas ferramentas que podem ser utilizadas. No entanto, existem três elementos principais, que são a sensibilidade ISO, abertura do diafragma e velocidade do obturador. Quando utilizados juntos vão definir a exposição correta da imagem (Figura 14). Esses elementos são configurados na câmera digital quando se coloca no modo manual, como demonstrado na Figura 15.

Figura 14. Triângulo de exposição



Fonte: MURARI (2020)

Figura 15. Câmera digital no modo manual, evidenciando a configuração da abertura do diafragma, velocidade do obturador e sensibilidade ISO.



Fonte: Autora

2.4.1 Exposição

A exposição é responsável pela quantidade de luz que vai entrar no sensor da câmera digital, existindo três tipos de exposição (Figura 16) que podem ser visualizados a partir do fotômetro (Figura 17). Entre os tipos de exposição, temos:

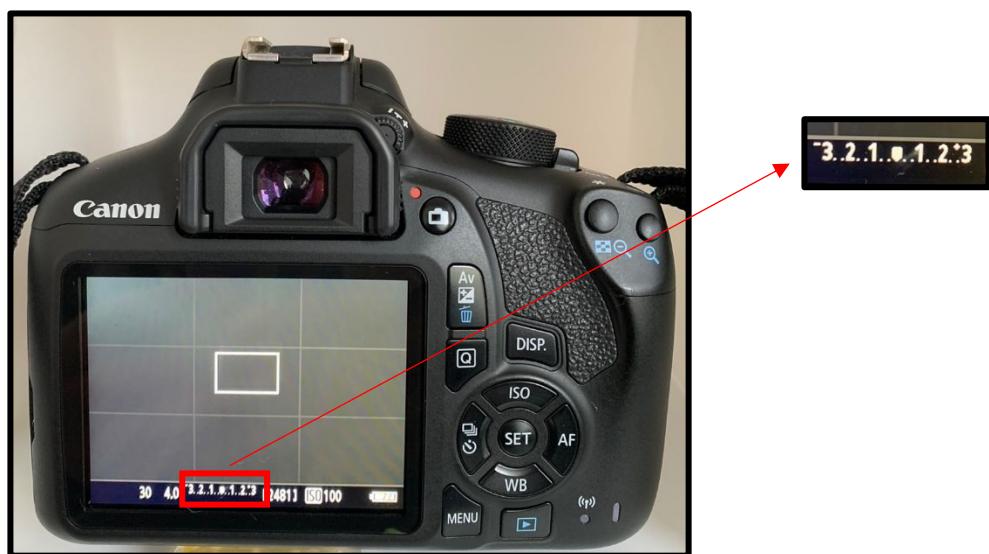
- Subexposta: a imagem fica mais escura, pois o sensor acabou recebendo pouca luz.
- Boa exposição: a imagem está em uma exposição ideal, ou seja, o sensor recebeu a quantidade correta de luz.
- Superexposta: a imagem fica mais clara, devido o sensor ter recebido muita luz.

Figura 16. Tipos de exposição



Fonte: Adaptado de FONSECA (2017)

Figura 17. Fotômetro



Fonte: Autora

2.4.2 Sensibilidade ISO

A sensibilidade ISO está relacionada com a sensibilidade do sensor da câmera que está recebendo a luz, ou seja, a câmera fica mais ou menos sensível a luz. Quanto menor for o valor do ISO, menos sensível à luz a câmera fica, e consequentemente, mais escura será a imagem resultante (Figura 18). No entanto, quanto maior for o valor do ISO, menos nítida a imagem fica, e a qualidade se torna inferior, devido ao aumento de ruído (Figura 19), segundo Fonseca (2017), os valores de ISO variam conforme o modelo, fabricante e sensor.

Figura 18. Comparação de valores de ISO em local com pouca luz.



Fonte: Autora

Figura 19. Comparação de valores de ISO em local com bastante luz.

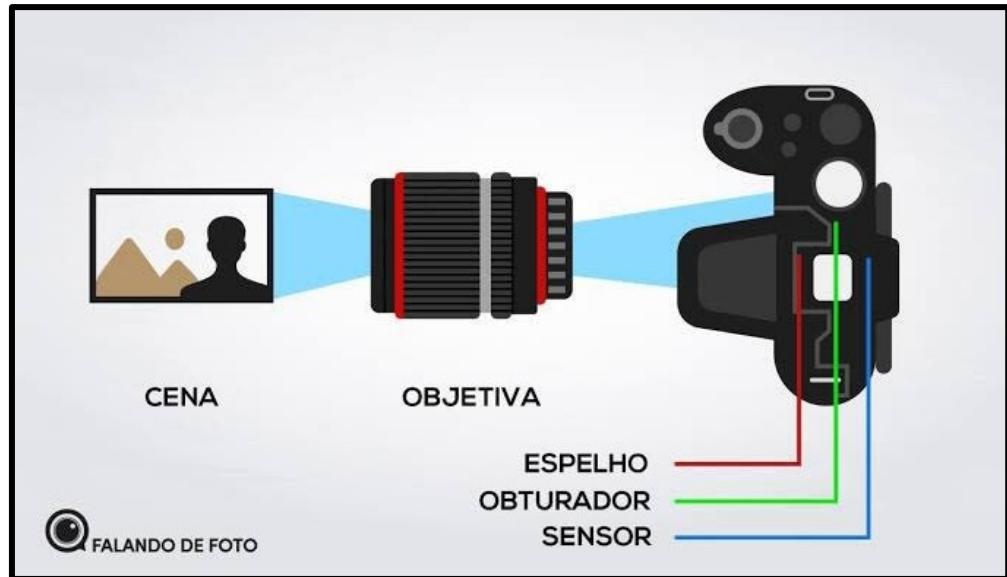


Fonte: Autora

2.4.3 Velocidade do obturador

A velocidade do obturador, chamada também de tempo de exposição, é o tempo que o obturador fica aberto para deixar a luz entrar no sensor da câmera (Figura 20). O tempo dessa velocidade é contado em fração de segundos. Quanto maior for a velocidade, mais rapidamente o obturador vai fechar, capturando menos luz e mais rápida será composta a foto. Este modo é essencial para fotos feitas a campo, pois diminui a possibilidade de tremores que podem vir a ocorrer (Figura 21).

Figura 20. Processo de captura de imagem.



Fonte: Criadores Lab (2020)

Figura 21. Velocidade do obturador



Fonte: REIS (2022)

2.4.4 Abertura do diafragma

A abertura do diafragma está diretamente relacionada com o foco da imagem. O diafragma é determinado por um valor “f/x”, sendo que, quanto maior for esse valor, menor será a abertura do diafragma e desse modo mais focado será o fundo. Quanto menor for o valor, maior será a abertura, mais luz chegará ao sensor e, consequentemente, mais desfocado será o fundo da imagem, conforme Reis (2022) (Figura 22).

Figura 22. Abertura do diafragma



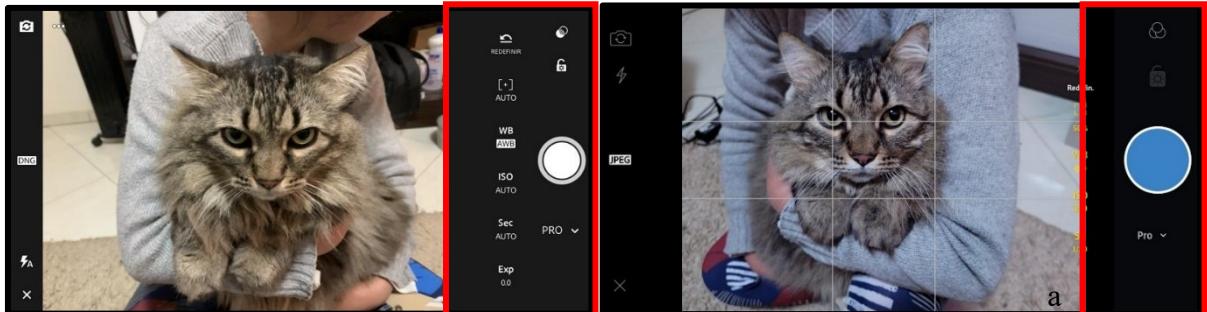
Fonte: Reis (2022)

2.5 TÉCNICAS PARA CÂMERA DIGITAL DSLR E SMARTPHONES

Atualmente, as câmeras de *smartphones*, conhecidas também como câmeras comuns, são mais baratas e o formato utilizado para a captura das imagens é RGB, faixa de luz que fica no espectro do visível para os humanos (BARBOSA *et al.*, 2015). Uma boa fotografia capturada com *smartphones* pode ser conseguida com algumas práticas simples. Entre elas está a limpeza da lente da câmera e o correto posicionamento da iluminação (se posicionar a favor dela).

A câmera dos *smartphones* serão sempre inferiores a uma câmera digital DSLR, devido aos sensores serem menores. Porém, ainda é possível obter uma imagem de boa qualidade com a câmera do *smartphone*, utilizando diferentes técnicas e aplicativos disponíveis para os sistemas Android e iOS. Um exemplo, é o aplicativo Lightroom (Figura 23).

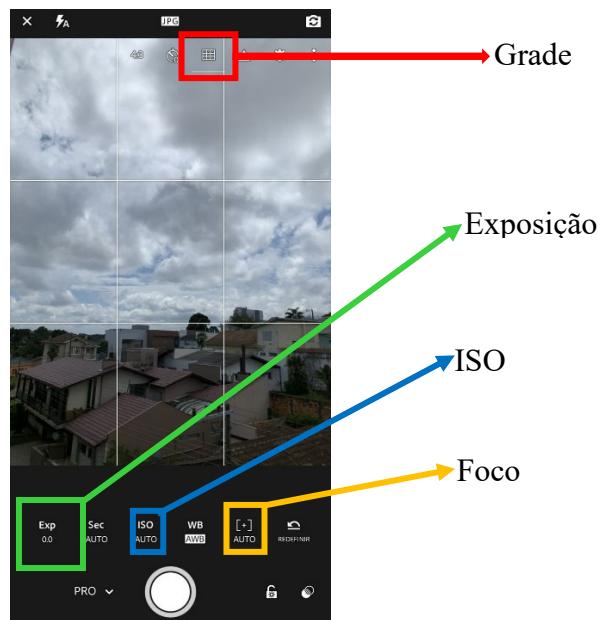
Figura 23. Lightroom em *smartphone* iOS (direita) e android (esquerda).



Fonte: Autora

Entre as configurações do Lightroom para auxiliar nas imagens com plantas doentes, temos a exposição, foco, ISO e uso da “grade” (Figura 24).

Figura 24. Configurações do Lightroom.

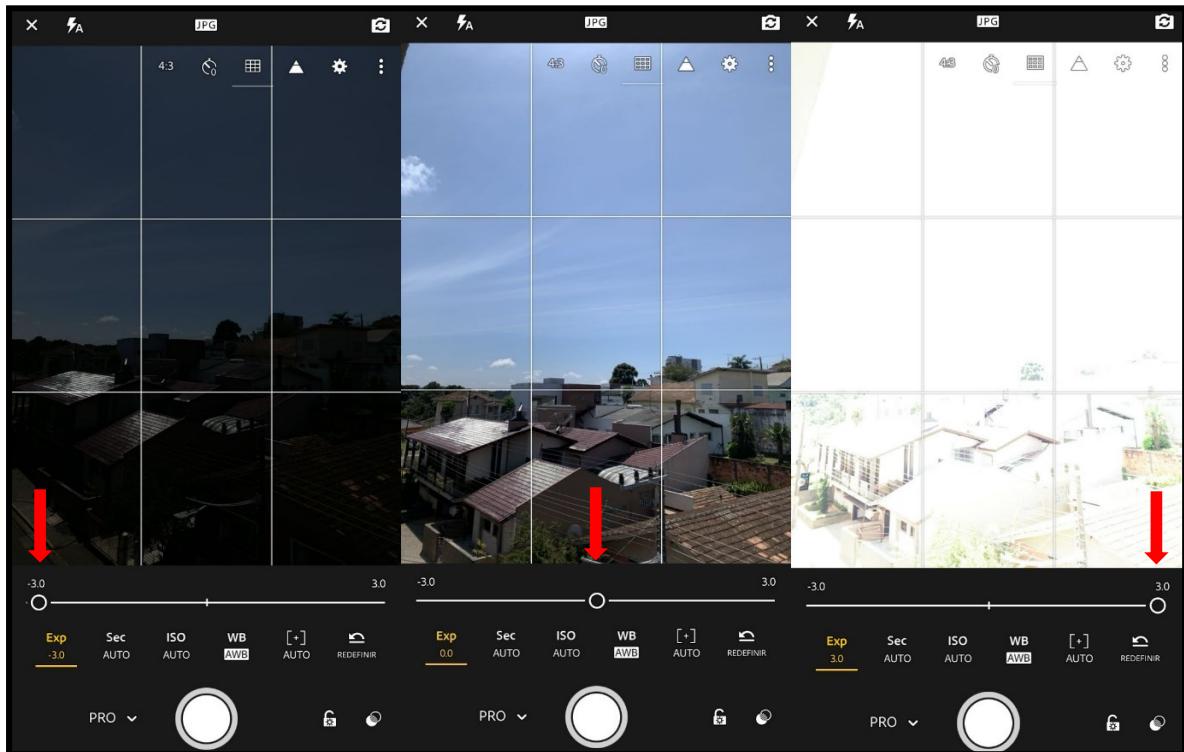


Fonte: Autora

2.5.1 Exposição

As ferramentas básicas, seguem os mesmos conceitos utilizados na câmera digital. A exposição (Exp) é o ajuste da quantidade de luz recebida. Quanto menor for a exposição, mais escura a imagem ficará, e quanto maior for a exposição, mais clara será a imagem resultante. Uma exposição ótima é aquela em que foi recebida a quantidade correta de luz, e deve ser ajustada de acordo com a luz do ambiente em que está sendo fotografado (Figura 25).

Figura 25. Comparação de diferentes exposições no Lightroom.

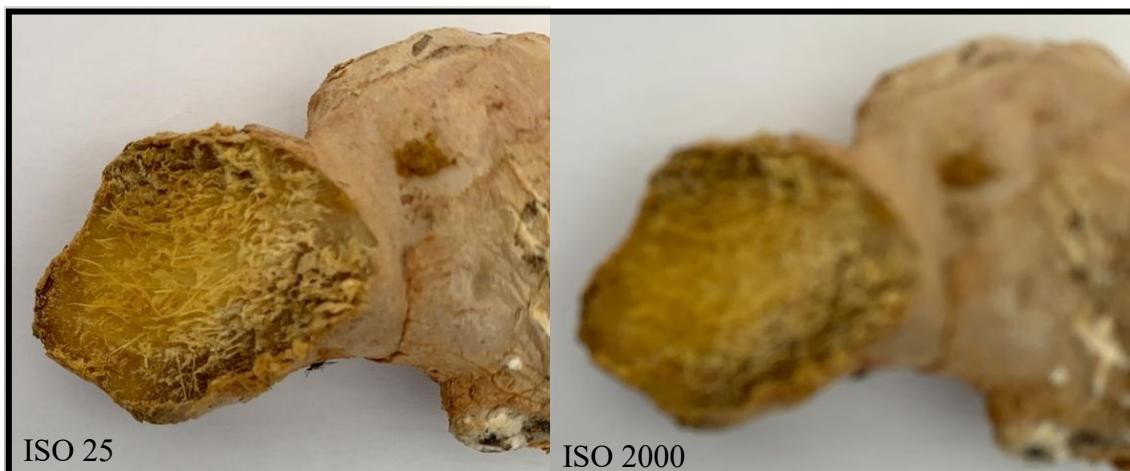


Fonte: Autora

2.5.2 Sensibilidade ISO

O ISO está diretamente ligado com a qualidade de deixar a foto nítida, seguindo também a mesma ideia do utilizado em câmeras digitais. Quanto maior for o ISO, mais ruídos a fotografia vai ter. Por isso, é indicado para a maioria das vezes colocar o ISO em menores valores (Figura 26) (MARSHALL, 2015).

Figura 26. Comparação de baixo e alto valor de ISO no aplicativo Lightroom.

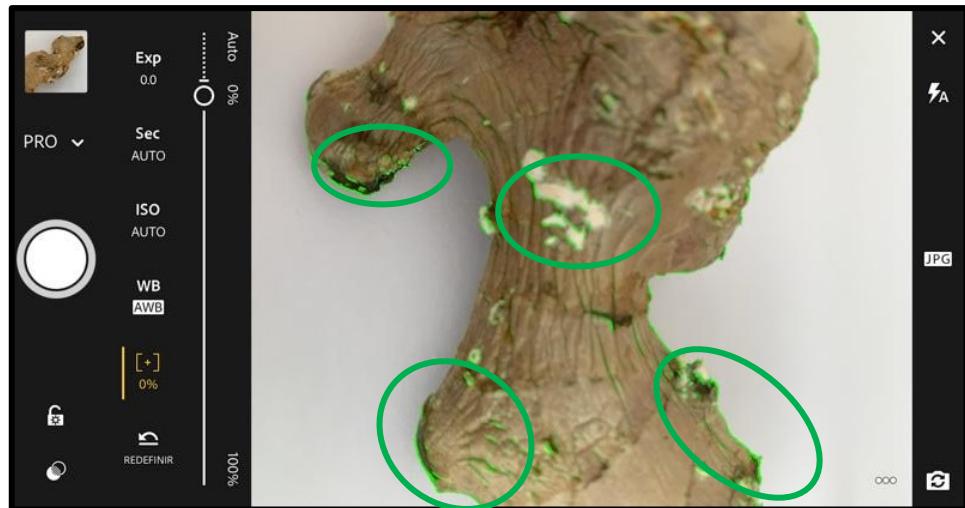


Fonte: Autora

2.5.3 Foco

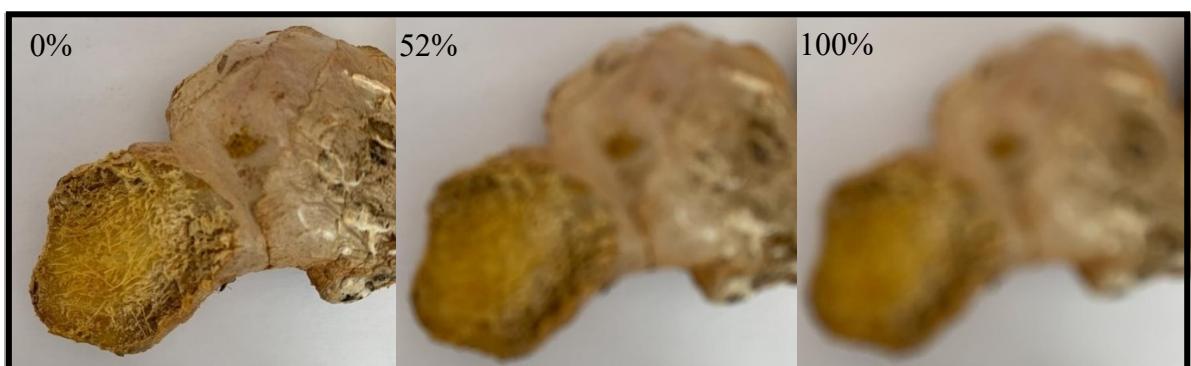
O foco tem como objetivo destacar a imagem ou o objeto em específico que vai ser capturado pela câmera. O foco manual tem como intuito focar mais nos detalhes do objeto (Figura 27), quanto maior for a porcentagem do foco, menor será a quantidade de detalhes obtidos na fotografia final (Figura 28).

Figura 27. Demonstração do foco nos detalhes.



Fonte: Autora

Figura 28. Comparaçao de diferentes porcentagens de foco.



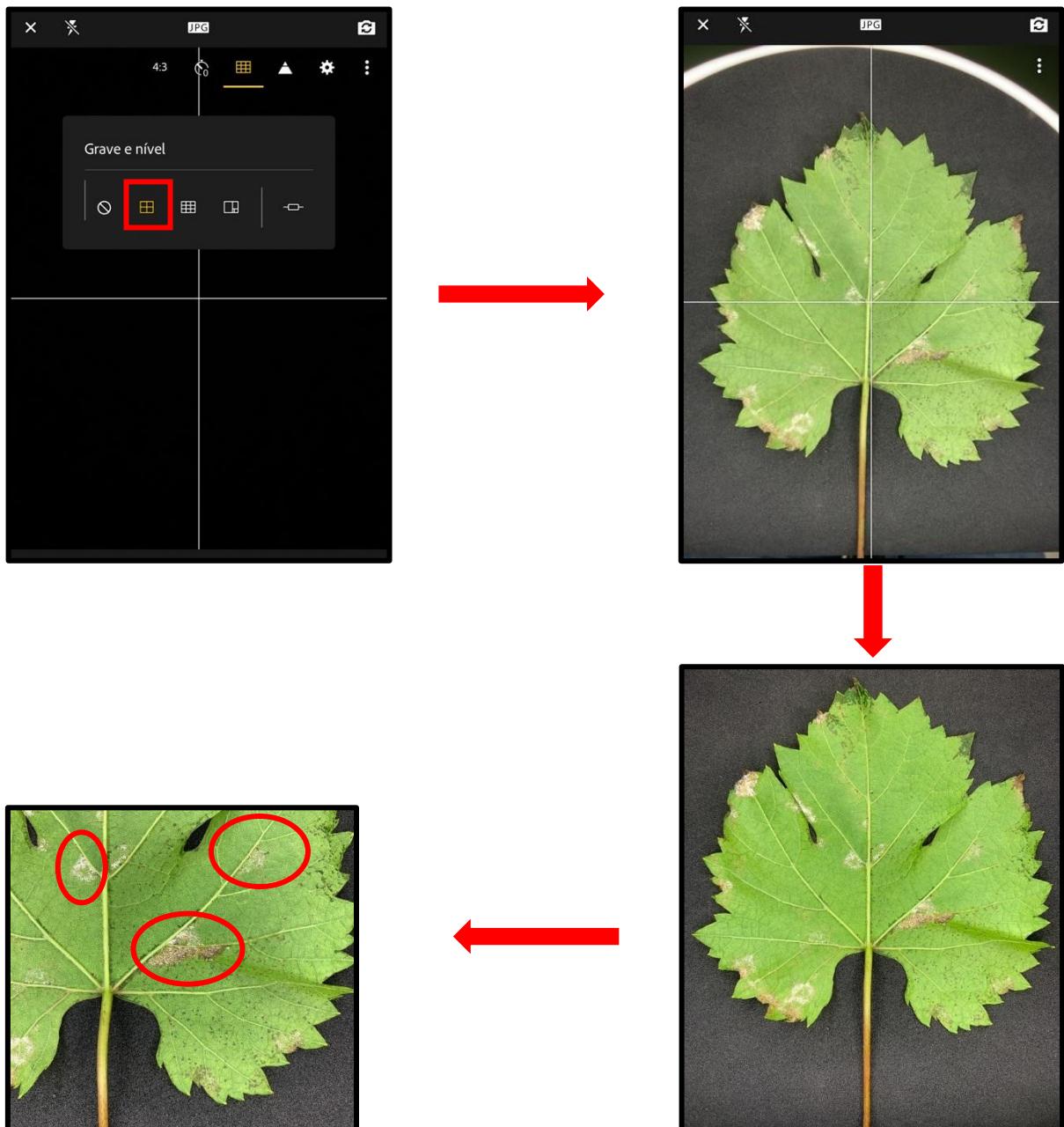
Fonte: Autora

2.5.4 Grade

A grade é uma das regras de composição de fotos, que tem como finalidade o enquadramento do material no momento da fotografia. Essa composição é realizada através de

linhas, onde o material de interesse, como exemplo, uma folha com a doença deve ficar na intersecção das linhas, como mostra a Figura 29. (MORAZ, 2008).

Figura 29. Utilização da grade no aplicativo Lightroom.



Fonte: Autora

2.6 COMPRESSÃO DAS IMAGENS DIGITAIS

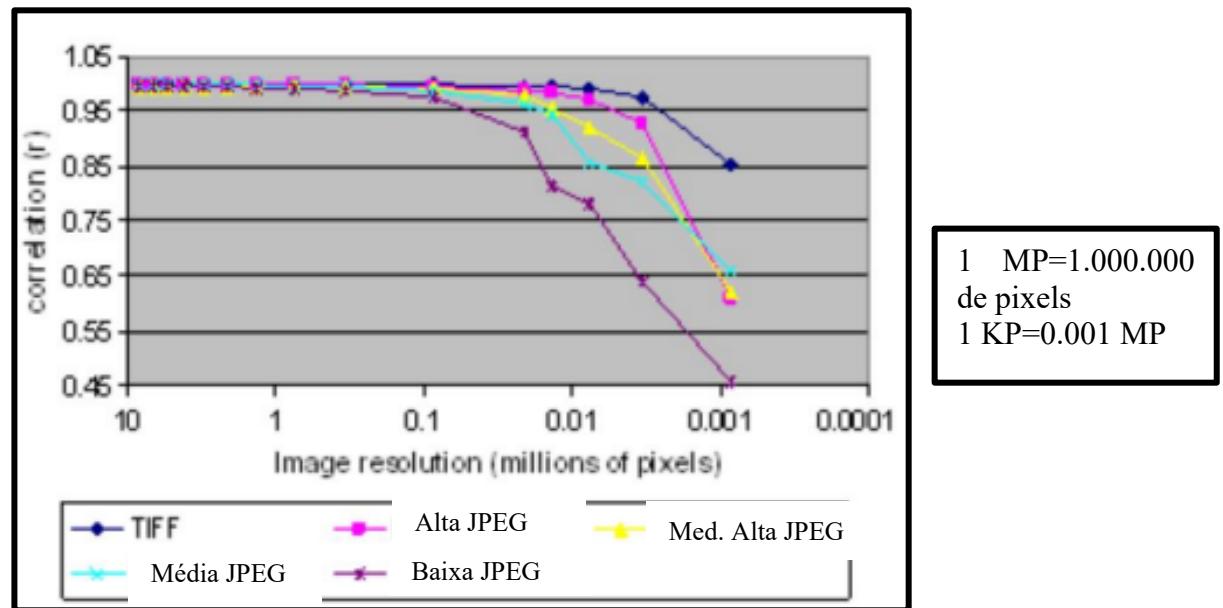
A compressão de imagens tem como necessidade reduzir o espaço requerido para o armazenamento e o tempo necessário para a transmissão de imagens (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). Uma imagem colorida e com grandes dimensões necessita de grande espaço de armazenamento, que consequentemente, vai aumentar o custo computacional conforme aumenta a quantidade de imagens digitais adquiridas e armazenadas.

Segundo Barbedo (2016), uma maior compactação de uma imagem digital vai resultar em informações perdidas, principalmente, em sintomas de doenças que se manifestam através de sintomas pequenos. Assim, as imagens podem ficar distorcidas e fica impossível de se diagnosticar a doença. Por isso, a compressão de uma imagem deve ser a menor possível ou dispensada, especialmente, quando for de sintomas menores.

As imagens digitais podem ser armazenadas em diversos formatos, sendo eles classificados em dois grupos. O primeiro formato é com perdas, os quais empregam técnicas para retirar algumas informações originais, porém, mantendo a aparência da imagem original. Como exemplo, desse formato, se tem o JPEG. O outro grupo, de formato sem perdas, mantém todas as informações originais que foram coletadas pelo sensor de imagem, como exemplo, tem-se o formato TIFF. As imagens armazenadas em formato TIFF são maiores quando comparadas as mesmas imagens armazenadas em formato JPEG, o que necessita de mais capacidade de armazenamento. No entanto, o resultado são imagens digitais com qualidade superior e sem perda de detalhes (STEDDOM *et al.*, 2005).

Através do estudo realizado por Steddom *et al.* (2005), foi demonstrado a relação de uma imagem TIFF em 8,4 MP convertida em quatro níveis de compactação de imagens em JPEG. Como demonstra a Figura 30, a imagem em TIFF com resolução de 8,4 MP original possui uma correlação (porcentagem de área foliar necrótica relacionada a porcentagem de área foliar necrótica) acima de 0,98, enquanto, nas imagens em JPEG de qualidade alta (acima de 7,6 KP), qualidade média alta (acima de 21 KP), de qualidade média (acima de 84 KP) e de baixa qualidade (acima de 337 KP). Concluindo assim, que as imagens com compactação JPEG não foram diferentes das imagens TIFF de 8,4 MP original, até que o momento que a resolução caiu abaixo do ponto, em que, pequenas lesões necróticas podiam ser distinguidas, que foi a partir de 0,8 MP. Sendo assim, é possível utilizar a compactação JPEG, obtendo uma qualidade de imagem digital com boa resolução, mostrando as lesões menores e com gastos inferiores.

Figura 30. Correlações entre imagens com resolução reduzida e qualidade de imagem reduzida em relação às imagens originais de 8,4 MP



Fonte: Adaptado de Steddom *et al.* (2005)

3 DESENVOLVIMENTO DO BANCO DE IMAGENS DIGITAIS DE DOENÇAS DE PLANTAS

3.1 IMPORTÂNCIA DA DIAGNOSE DE DOENÇAS EM PLANTAS

A fitossanidade tem uma grande função em relação à produção agrícola, porém, nem sempre é tratada com a devida importância (FLOOD, 2010). Doenças em plantas ocorrem quando surge qualquer irregularidade nas mesmas, que podem ser causados por organismos vivos ou por fatores do próprio ambiente, de forma contínua, e consequentemente, altera o seu metabolismo, fazendo com que ocorra a queda e diminuição da qualidade da produção (LOPES; AVILA, 2005).

Com a elevação do preço em todos os setores, os alimentos estão entre os que mais foram impactados, principalmente, ao consumidor final. Um dos motivos para esse aumento é as perdas de produtividade devido as doenças e pragas. De acordo com Silveira e Graichen (2015) o ataque de patógenos é responsável pela perda de cerca 30% da produção todos os anos no setor agrícola, situação que se agrava em regiões desfavorecidas, não havendo recursos para implantação de novas tecnologias.

Segundo Hughes e Salathe (2016), as doenças têm o potencial de reduzir em 40% o rendimento da produção de alimentos, sendo que, muitos agricultores em diversos países em desenvolvimento estão sofrendo perdas de rendimento de 100%. De acordo com a Fundecitrus (2021), não somente doenças como também as pragas, foram responsáveis pela perda de 46,32 milhões de caixas de citros. As doenças atacam mais as plantas, em função de algumas características, como o clima e a umidade, levando a intensas perdas, como ocorreu no Mato Grosso, onde a doença Brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (TORRES *et al.*, 2009), provocou uma perda média de 32% em relação ao rendimento dos grãos e uma perda de 74% em relação ao peso da espiga de trigo (GOULART, 2005).

A excessiva perda de alimentos anualmente por doenças e pragas salienta a importância da diagnose de doenças no setor da agricultura. Segundo Noronha e Sobrinho (2008), a diagnose de doenças em plantas tem uma grande importância, em virtude de várias doenças mostrarem sintomas semelhantes, o que dificulta a identificação do agente causal, consequentemente, levando a escolha incorreta do manejo que será adotado.

A diagnose de doenças vai depender de alguns fatores, como indícios de patógenos presentes, fatores ambientais, estágio de desenvolvimento que a cultura se encontra, prática

cultural utilizada na plantação (por exemplo, uso de defensivos agrícolas, podas, entre outros) e condições climáticas que a cultura foi exposta. Com o auxílio do microscópio estereoscópico, o material doente pode ser observado e feita a busca dos sinais em relação ao patógeno (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016a). Quando ocorrem sintomas desconhecidos na planta, se faz primeiramente, o isolamento do organismo causador da doença. Se o material não for utilizado no mesmo instante, deve ser mantido em refrigeração e assim conservado no máximo por 30 dias (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016b).

Com relação a diagnosticar doenças desconhecidas, é padrão confirmar o diagnóstico com os Postulados de Koch ou “Regras de Prova da Patogenicidade”. Se o organismo que foi encontrado aparenta ser o agente causal, sem existir relatos anteriores que o comprovem, deve-se observar as seguintes condições: associação constante, no qual o patógeno deve ser encontrado ligado a cultura doente examinada, em que, será avaliado e identificado; isolamento do patógeno, e isolado e cultivado em cultura pura; em seguida, realiza-se a inoculação do patógeno e reprodução dos sintomas, para isso, o patógeno da cultura pura é inoculado em plantas sadias, da mesma espécie ou variedade que demonstrou sintomas iniciais da doença, e assim reproduzir os mesmos sintomas observados anteriormente; por último se executa o reisolamento do patógeno, neste caso, o patógeno precisa ser reisolado em cultura pura, exposta a inoculação artificial (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016c).

As técnicas utilizadas em relação ao isolamento dos microrganismos fitopatogênicos, são recomendados por Carollo e Santos Filho (2016), conforme o conhecimento técnico para separar determinado organismo dos outros. Entre as técnicas estão:

- Isolamento direto: Determina a estrutura do patógeno com o auxílio da lupa, em seguida, flamba a lâmina do estilete, resfria-se a ponta e transfere o fragmento (estrutura do patógeno) para uma placa de Petri com o meio de cultura, com os fragmentos distribuídos, de uma forma que um fique no centro e três ao redor de forma equidistante. Depois acondiciona a placa de Petri na estufa de germinação tipo B.O.D (incubadora) até o surgimento da colônia desejada. Por último se repica a colônia para tubos com BDA inclinado.
- Isolamento indireto: Esta técnica irá variar com a categoria do órgão ou tecido infectado, se é lenhoso ou não lenhoso, carnoso ou não carnoso. Neste caso, faz a coleta de segmentos, com o auxílio de uma lâmina de estilete (flambada), da região limite entre o tecido doente e o tecido sadio, em seguida, realiza-se a desinfestação superficial do material, utilizando álcool 70% (por 2 minutos), hipoclorito de sódio (NaClO) a 0,5% (por 2 minutos) e enxaguados com água destilada autoclavada por três vezes. Posteriormente, transfere o segmento desinfestado para um papel filtro, dobra e leva para a câmara de fluxo laminar. Com uma pinça, coloca, no

mínimo, três segmentos em forma de triângulo na placa de Petri (com meio de cultura BDA), em seguida, flamba as placas de Petri e veda com filme PVC. As placas devem permanecer em estufa de germinação B.O.D, com fotoperíodo de 12 horas, temperatura de 25 °C por um período de cinco a sete dias. Após esse período, observa-se a formação de colônias de bactérias ou micélio de fungos a partir dos segmentos repicados. Por fim, após formar uma cultura pura de micro-organismos fitopatogênicos, realiza-se a identificação, com auxílio de um microscópio óptico.

3.2 DETECÇÃO DE DOENÇA EM PLANTAS ATRAVÉS DE IMAGENS DIGITAIS

A área de imagens digitais é bastante antiga. Esse método começou a ser usado a partir do começo da década de 1920, mas teve um estímulo a partir do ano de 1960 com a chegada de computadores digitais. Desde meados de 1964 até o momento atual, os estudos e avanços sobre o aperfeiçoamento das imagens vem ajudando todas as áreas, inclusive a área de Fitopatologia (MARQUES FILHO *et al.*, 1999).

De acordo com Sun *et al.* (2017), com o passar dos anos a tecnologia vem avançando, e como sabemos, atualmente, a maioria das pessoas possuem *smartphones*. É conhecida a extensa abundância de livros online, trabalhos, teses, bibliografias sobre a área de fitopatologia, mas em relação as imagens de plantas com doenças, a existência de materiais é limitada, dificultando o aprendizado do estudante (COLELA *et al.*, 2014).

Segundo Hughes e Salathé (2015), a ampla distribuição de *smartphones* no mundo, com aproximadamente 5 bilhões até 2020, e o acesso a estes por produtores rurais do mundo todo, torna-se uma ferramenta de trabalho importante e necessária, cujo potencial de uso na diagnose é superior a diagnose feita por humanos.

Um exemplo de proposta de banco de imagens digital é o projeto realizado por Hughes e Salathé (2016), que se trata de uma plataforma online chamada *PlantVillage*, na qual são incluídas informações e imagens de mais de 150 cultivos e mais de 1800 doenças, com o objetivo de auxiliar produtores rurais. É importante ainda o cuidado em relação a escrita, a fim de ser de fácil entendimento e auxiliar na diagnose das doenças.

A base de imagens “Digipathos”, idealizada por BARBEDO *et al.* (2018), é constituída por imagens obtidas de *smartphones* e câmeras digitais, com a resolução variando de 1 a 25 megapixels, na qual, a maioria das imagens é relacionada a doenças causadas por fungos. Para apresentar uma melhor qualidade das imagens, foi utilizado uma caixa de papelão, atuando

como uma câmara escura, com o interior totalmente branco e assim potencializando a disseminação da luz. Utilizou-se também um cartão contendo padrões coloridos e branco-e-preto, para permitir as correções geométricas e de cor referentes as imagens, melhorando assim, a qualidade das imagens e melhoria com relação as informações que são aparentadas através das lesões e dos sintomas que a planta doente apresenta.

Uma das dificuldades da utilização das imagens digitais é a qualidade delas, pois é difícil uma imagem ter a mesma qualidade da visualização a olho nu. Nesse processo de obter melhores imagens, existem técnicas, como a utilização de grande quantidade de pixels na área da foto que tem maiores detalhes (MARQUES FILHO *et al.*, 1999).

3.3 TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM VIRTUAL EM FITOPATOLOGIA

O surgimento da Internet, fez com que ocorresse uma revolução nas áreas de comunicação e tecnologia no mundo todo (LEINER *et al.*, 2003). O uso das tecnologias vem sendo cada vez mais frequentes, tanto na prática da agricultura como no ambiente de estudos dessa área.

Segundo Alves (2007) o Brasil não investe muito no estudo ou em tecnologias que ajudem nos estudos, optando por mídias que já são conhecidas e que sempre são usadas. Portanto o banco de imagens digitais, surge com o intuito de contribuir, pois existe uma grande dificuldade em encontrar sites, blogs, herbários virtuais ou bancos de imagens virtuais que resolvam as dúvidas, não somente de estudantes, mas como do público em geral. De acordo com Dotta (2011), em sua pesquisa relacionada ao uso de Mídias Sociais como Ambiente Virtual de Aprendizagem, o autor acredita que as mídias sociais são observadas como AVA's (Ambiente Virtual de Aprendizagem), em razão de compartilharem conteúdos, estimularem a interação sobre o assunto e facilitarem a pesquisa sobre o tema. O blog é mais uma das técnicas virtuais de aprendizagem que vem sendo utilizada como AVA, pois além da parte escrita e fotos, é admitido compartilhar vídeos e outros itens digitais, facilitando mais o trabalho do estudante ao trabalhador da área.

De acordo com Crowson e McGillivray (2002) a aplicação da tecnologia na fitopatologia vai além da assistência em trabalhos a campo ou em laboratórios, como salvar os dados experimentais, registrar as condições de campo, mapear a distribuição de pragas e doenças, e acaba por facilitar a pesquisa e a literatura. O banco de imagens digitais apresenta uma grande importância para estudantes, técnicos em agropecuária, produtores rurais, entre

outros que trabalham nessa área, visto que, frequentemente, não se tem à disposição um profissional que auxilie na diagnose de doenças. Dessa forma, o banco de imagens oferece uma troca de conhecimento técnico que é rápida, comprehensível e de fácil acesso, de forma que atenda a demanda dos problemas realizado por doenças, tanto na questão de estudos como aplicado em campo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais foram coletados a campo na Fazenda Experimental e nas áreas didáticas da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. Partes das plantas, como os grãos, frutos, caules e folhas, foram coletados e, em seguida, armazenados em sacos de plástico transparentes, até serem levados ao laboratório.

4.1 COLETA, ARMAZENAMENTO E OBETENÇÃO DE IMAGENS

As imagens foram obtidas de folhas, caules, frutos, grãos e outras partes de plantas com doenças de diversas culturas agrícolas. Estas foram obtidas em laboratório, após coleta das partes das plantas doentes, ou a campo, sem necessidade de remover as partes das plantas (0).

Os procedimentos empregados para a coleta foram os indicados pela Embrapa (2008), conforme o tipo de sintoma exibido. No caso de a planta demonstrar:

- amarelecimento, subdesenvolvimento, murcha, podridões de raízes e do colo, é indispensável retirar a planta inteira, mas com o cuidado de não romper as raízes da mesma.
- redução de crescimento, clorose, formação de galhas ou com presença de cistos nas raízes, é crucial uma coleta mais cautelosa das raízes e do solo (úmido), no qual essas amostras (raiz e solo) não podem ficar sujeitas a temperaturas altas e a perda de umidade.
- ramos e/ou troncos necrosados, que são conhecidos como “cancros”, é orientado fazer a coleta de parte dos ramos ou troncos com sintomas recentes.
- manchas foliares, crestamentos, mosaicos e cloroses, é preciso fazer a coleta das folhas com sintomas do início e de quando a doença estiver mais evoluída.
- frutos, batatas e raízes atacadas por podridões, deve-se fazer a coleta do órgão que esteja com sintoma inicial de podridão e preservar em sacos plásticos, sem a adição de água.

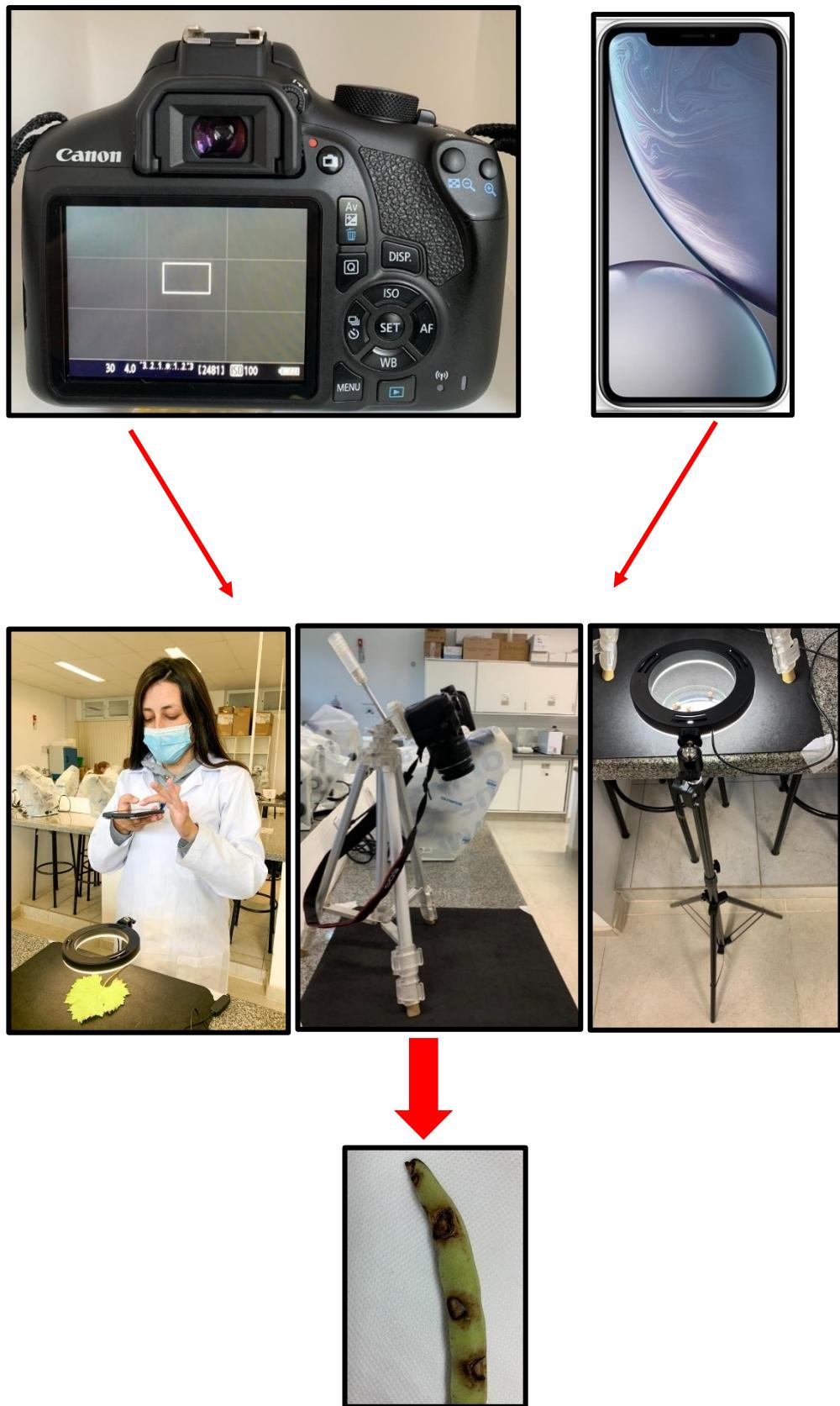
Figura 31. Coleta de folha de Videira com a presença de Míldio (*Plasmopara viticola*)



Fonte: Autora

Após a coleta do material, foi efetuado o registro fotográfico das partes da planta com doença utilizando câmera fotográfica digital DSLR, *smartphone*, ring light, mini cabine fotográfica e tripé (Figura 32). As fotografias foram obtidas em fundo claro e escuro, com iluminação adequada, utilizando as ferramentas mostradas ao longo do trabalho (Figura 33). Todas as imagens foram armazenadas em um drive virtual (Google Drive) para posterior análise.

Figura 32. Esquema para obtenção da imagem digital



Fonte: Autora

Figura 33. Imagem digital obtida em fundo escuro da mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*) na soja (A) e em fundo claro do míldio (*Plasmopara vitícola*) na Videira (B)



Fonte: Autora

4.2 DIAGNOSE DE DOENÇAS

O material coletado anteriormente foi identificado e analisado com base nos sintomas e sinais, iniciais e avançados, das doenças (AMORIM *et al.*, 2018; EMBRAPA, 2019).

A análise visual iniciou através do quadro sintomatológico do material e comparação com dados da literatura. Para complementação da diagnose, foram utilizadas técnicas laboratoriais como a análise do material doente na busca de sinais do patógeno. Concomitantemente à análise visual, foi realizado o isolamento do fitopatógeno (parasitas não obrigatórios) em meio de cultura.

Após o isolamento do fitopatógeno, as estruturas vegetativas e reprodutivas foram visualizadas em microscópio óptico de luz (ALFENAS; MAFIA, 2007).

4.3 CRIAÇÃO DO BANCO DE IMAGENS

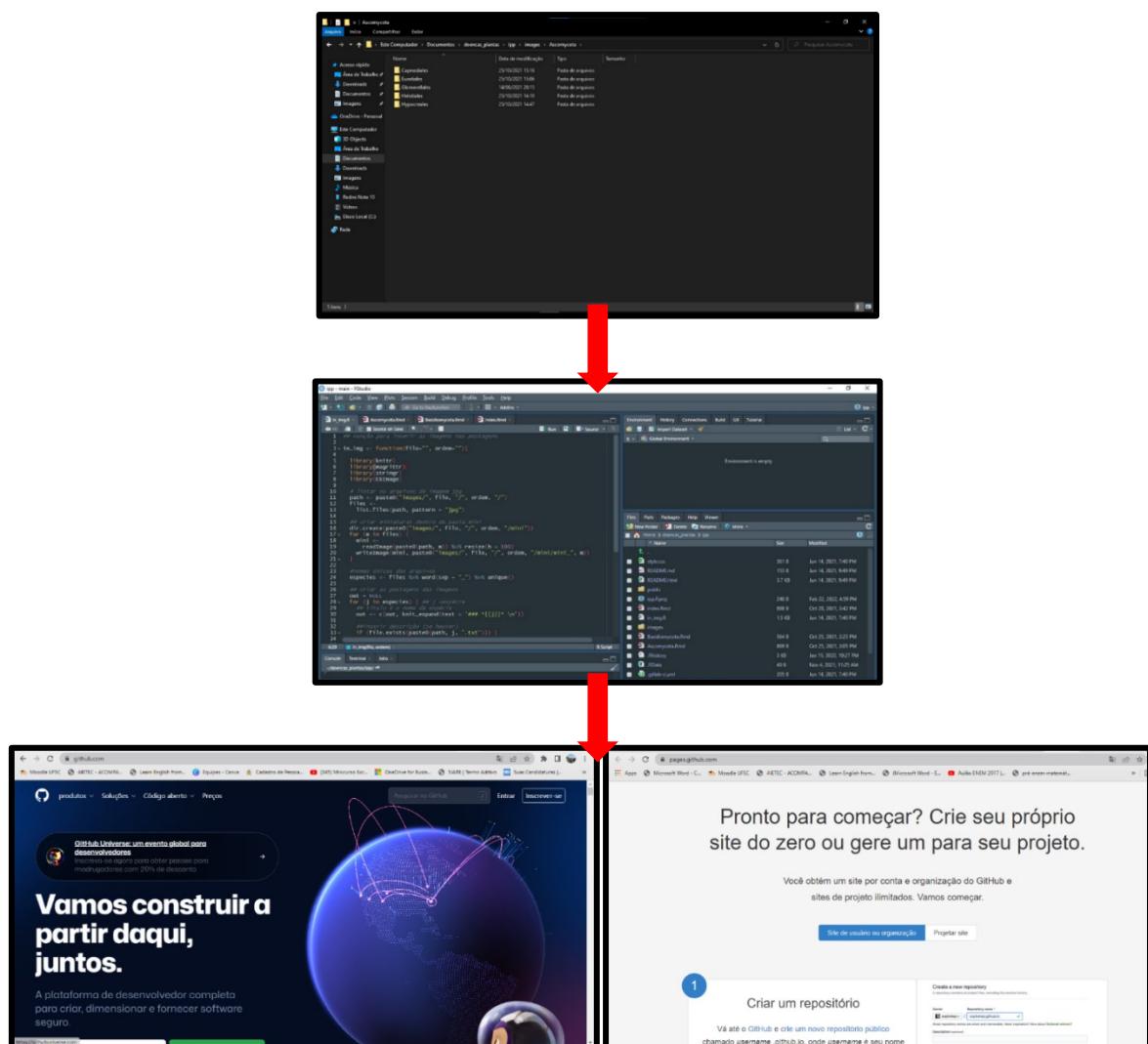
O banco de imagens digitais foi desenvolvido com o pacote bookdown da plataforma RStudio. A linguagem de programação utilizada foi o RMarkdown em conjunto com a linguagem R. A linguagem R Markdown permite a criação dos elementos visuais do website,

enquanto a linguagem R é responsável pelo reconhecimento e processamento das imagens. O website fica hospedado na plataforma GitHub e disponibilizado com a ferramenta GitHub Pages (Figura 34).

As imagens das partes das plantas doentes foram hierarquizadas, segundo ordem, gênero e espécie do agente causal associadas aos hospedeiros (AMORIM *et al.*, 2018).

Todas as imagens foram disponibilizadas em alta resolução sob a licença permissiva Creative Commons – CC.

Figura 34. Etapas da criação do Banco de Imagens, (A)Imagens organizadas e classificadas por pastas, (B) Nome e endereço das pastas, (C) Plataforma GitHub, (D) Ferramenta GitHub Pages



Fonte: Autora

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado no atual projeto a aplicação de diferentes ferramentas de fotografia digital na criação de um banco de imagens, proveniente da obtenção de imagens digitais, pela equipe do Grupo de Estudos em Fitopatologia e Análises de Imagens (GEFAI), da Universidade Federal de Santa Catarina. Foram coletados materiais de 30 culturas, de quatro filos, incluindo 14 ordens e 23 gêneros (Tabela 2).

Tabela 2. Imagens digitais de plantas com presença de doenças coletadas, conforme filo, ordem e gênero.

Filo	<i>Ascomycota</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Oomycota</i>	<i>Proteobacteria</i>
Ordem	9	1	2	2
Gênero	16	3	2	2
Quantidade de Imagens	62	18	7	6

Fonte: Autora

As ferramentas e técnicas utilizadas resultaram em imagens de qualidade esperada para a visualização das respectivas doenças, tanto com a câmera digital DSLR Canon EOS Rebel T6 como através dos *smartphones* com resoluções que variaram de 12 a 18 MP, onde avaliou-se que a iluminação que incide sobre o material vegetativo em conjunto com a posição do equipamento resultou na imagem digital mais nítida (Figura 35).

Figura 35. Folha de Videira com míldio sem iluminação artificial e com iluminação artificial.

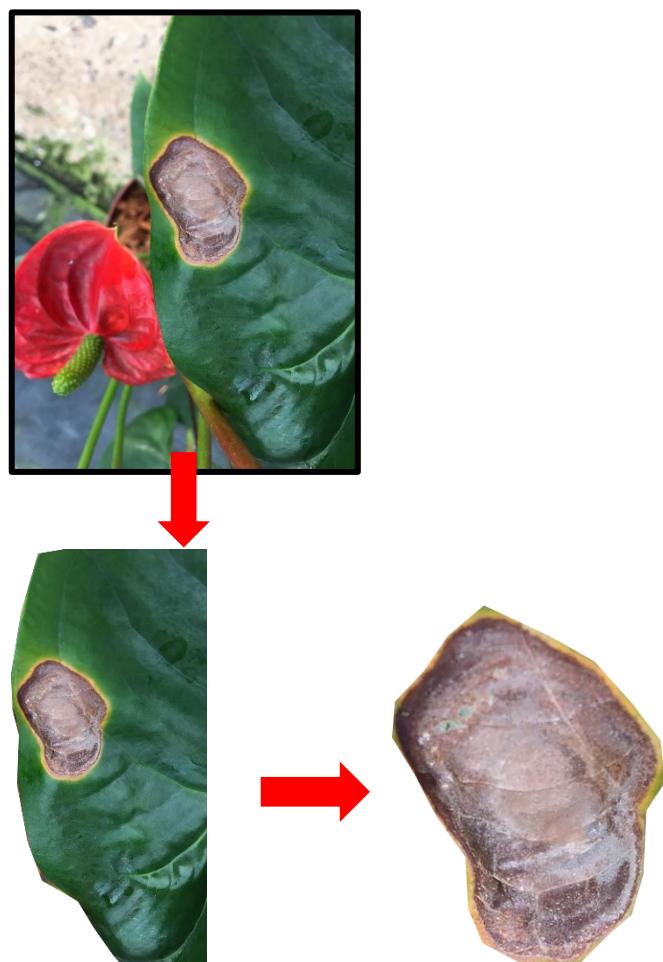


Fonte: Autora

A segmentação foi utilizada para destacar e extrair os sintomas das doenças que estão contidas em todos os materiais vegetais. No “Gimp” foi usada a ferramenta de seleção com tesoura para materiais com contornos mais definidos, isolando assim o material de interesse do fundo e do fruto (Figura 36), e a ferramenta de equilíbrio de cores foi aplicada para destacar os sintomas das doenças em comparação ao tecido vegetal através das camadas de cores RGB, como demonstra a Figura 37, onde a doença com coloração magenta, foi ajustado ao nível máximo da camada verde do RGB, destacando assim o sintoma.

Segundo Mattos, Tolentino Júnior e Itako (2020) os processos envolvendo a segmentação através do uso da limiarização apresentaram resultados esperados, com o objetivo de separar a folha do tomateiro dos sintomas da Mancha de Septoria (*Septoria lycopersici*).

Figura 36. Utilização da ferramenta de seleção para isolação da doença



Fonte: Autora

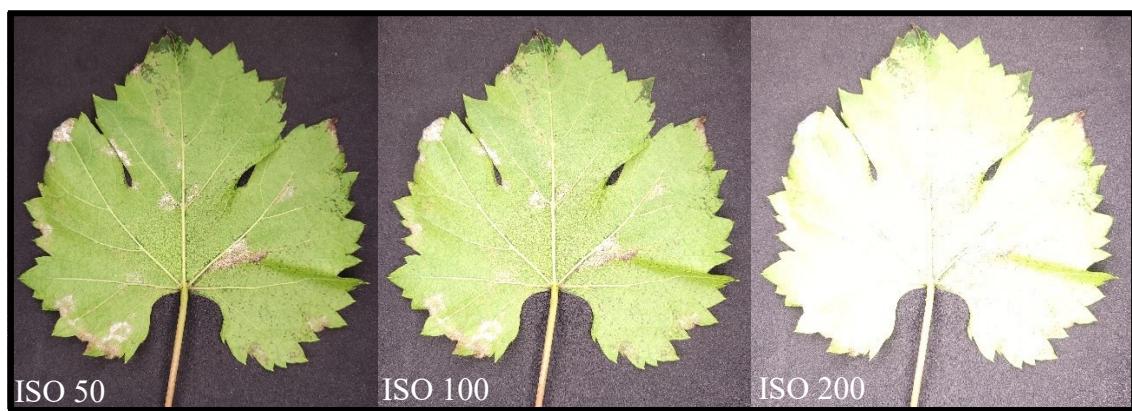
Figura 37. Utilização da ferramenta de equilíbrio de cores para destacar o sintoma da doença.



Fonte: Autora

A Figura 38 a alteração apenas do ISO, em que o tempo de exposição foi de 1/50 segundos e a abertura do diafragma foi de 1.8. O menor valor de ISO, resultou em uma imagem digital de melhor qualidade, demonstrando que os sintomas da doença ficaram mais evidentes, em comparação aos ISO de valor superior, que diminuíram a qualidade devido à alta quantidade de luz que a imagem digital recebeu ao ser capturada, não sendo possível identificar os sintomas da doença.

Figura 38. Demonstração de folha de Videira com presença de míldio com iluminação artificial em diferentes ISO, com tempo de exposição de 1/50 s e abertura do diafragma de f/1.8



Fonte: Autora

A utilização de diferentes tempos de exposição resultou na imagem esperada com o tempo de exposição de 1/150, no qual o tempo de exposição foi de 1/50 segundos e a abertura do diafragma foi de 1.8. As imagens capturadas com tempo de exposição de 1/610 a 1/6400

segundos, resultaram em qualidade inferior, devido a imagem ter ficado mais escura, resultante da quantidade inferior de luz incidida sobre o sensor da câmera (Figura 39)

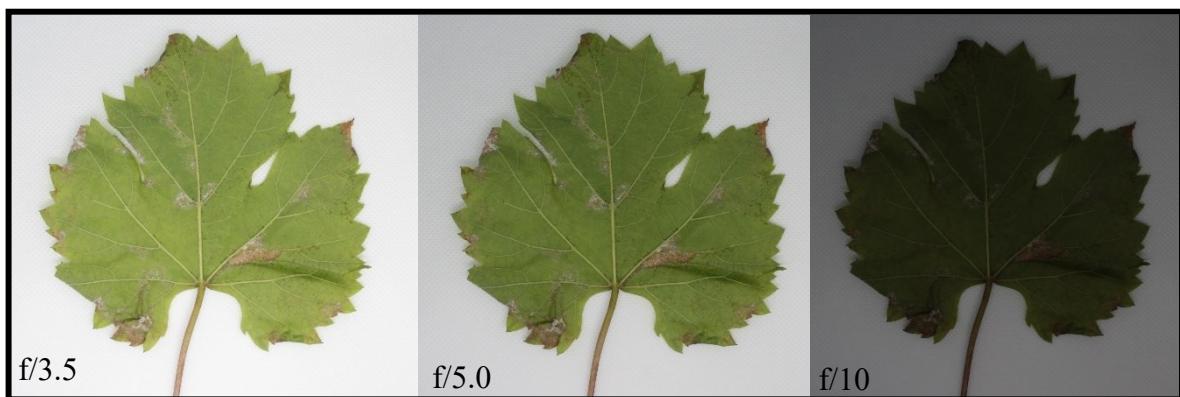
Figura 39. Demonstração de folha de Videira com presença de míldio com iluminação artificial em diferentes tempos de exposição, com ISO 25 e abertura do diafragma de f/1.8



Fonte: Autora

A imagem com abertura de diafragma de 5.0 resultou na melhor qualidade de imagem digital, em comparação com a imagem de abertura de diafragma superior que originou em uma imagem escura, devido a menor quantidade de luz que recebeu, tornando difícil a identificação dos sintomas. A imagem capturada com uma abertura de diafragma maior que resultou em uma imagem mais clara, pois recebeu uma maior quantidade de luz (Figura 40)

Figura 40. Demonstração de folha de Videira com presença de míldio com iluminação em diferentes aberturas do diafragma, com ISO 100 e exposição 1/50



Fonte: Autora

O Banco de Imagens do presente trabalho, é um site que teve como resultado a obtenção de 93 imagens de 23 doenças e 30 culturas. As informações e imagens digitais sobre cada

doença foi hierarquizada segundo ordem, gênero e espécie do agente causal, associadas aos hospedeiros. As imagens digitais foram armazenadas em JPEG, obtidas tanto a campo como em laboratório, com luz natural e artificial, e utilizando equipamentos como a Câmera Digital DSLR Canon EOS Rebel T6 (com resolução de 18 MP), *smartphones* de android e iOS (com resolução de 12 MP), ring light e mini studio de cabine fotográfica. Utilizou-se também diferentes ferramentas e técnicas de fotografia, resultando em um banco de dados de doenças de plantas, com imagens de alta qualidade, com o intuito de ser de fácil compreensão para os profissionais do setor agrícola. As imagens digitais e informações relacionadas as doenças agindo sobre as culturas estão disponíveis no endereço <https://gefai.ufsc.br/>, com o propósito de aumentar, constantemente, a atual base de dados com doenças de diversas culturas de importância agrícola brasileira.

O Digipathos é uma base de imagens de doenças de plantas que contém 2.326 imagens de 171 doenças e 21 espécies de plantas, que vem sendo construída a vários anos. Sobre as características relacionadas aos materiais e métodos utilizados no Digipathos, se tem o uso de resoluções das imagens que variam de 1 a 24 MP, sendo hierarquizadas apenas com as espécies das plantas, doenças e agente causal, tendo como objetivo principal o uso de captura das imagens através de *smartphones*. As imagens digitais do Digipathos, foram capturadas em um dispositivo, que consiste em uma caixa de papelão funcionando como uma câmera escura, e um cartão contendo padrões coloridos e branco-e-preto, para correções geométricas e de cor, e seu interior contém a coloração branca (BARBEDO *et al.*, 2018)

Outra plataforma online sobre doenças é o PlantVillage, que contém um banco de dados sobre as doenças que ocorrem em diversas culturas. Em quem, os usuários fazem parte das informações e da construção da plataforma. Possui uma biblioteca, que contém informações sobre mais de 150 culturas e mais de 1.800 doenças, sendo direcionado aos produtores de alimentos e profissionais da área de patologia agrícola, com o objetivo de ser fácil entendimento a todo tipo de público. Neste caso, as imagens foram todas obtidas a campo, com luz natural, e o material era coletado e retirado da planta, sendo capturado de 4 a 7 imagens para cada folha, com câmera digital Sony DSC - Rx100/13, com resolução de 20.2 MP, a fim de obter imagens digitais de alta resolução, sendo também editadas (HUGHES; SALATHÉ, 2015).

6 CONCLUSÃO

A partir da metodologia descrita e utilização da Plataforma GitHub, ferramenta GitHub Pages, software Gimp e aplicativo Lightroom foi possível a criação do Banco de Imagens Digitais, informações sobre diversas doenças, onde é possível identificar os sintomas das diferentes doenças nos grãos, frutos, folhas e caules dos materiais vegetais.

A utilização das ferramentas e técnicas de fotografia, como a iluminação, plano de fundo, posição do equipamento, configurações do equipamento, como a sensibilidade ISO, exposição, velocidade do obturador e abertura do diafragma, e a segmentação, resultaram em imagens digitais de alta qualidade e que demonstram, excepcionalmente, cada sintoma da doença, que é essencial para se chegar a uma diagnose. O fator que mais influenciou nas imagens foi a iluminação, o qual interviu diretamente nas outras ferramentas e técnicas que foram utilizadas. O segundo fator mais importante é o cuidado na escolha do plano de fundo, que afeta na coloração real do objeto quando visto a olho nu e na imagem realizada.

O Banco de Imagens Digitais pode ser uma ferramenta auxiliar na diagnose de doenças, através da diversidade de culturas e doenças descritas dentro de cada tópico. As imagens digitais de alta resolução podem auxiliar na identificação por meio da comparação da doença no momento da consulta ao Banco de Imagens Digitais. Também há informação sobre cada doença e seu modo de ação em cada cultura, facilitando cada vez mais o uso para uma grande diversidade de profissionais da área das ciências agrárias. Mais doenças e culturas vão ser adicionadas continuamente, aumentando assim a base de dados sobre as doenças que ocorrem em diversas culturas.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, Acelino Couto; MAFIA, Reginaldo Gonçalves. **Métodos em Fitopatologia**. 22. ed. Viçosa: Editora Ufv, 2007. 382 p.
- ALVES, Rubens Cherubini. HERBÁRIO VIRTUAL DE FITOPATOLOGIA-DISSEMINANDO INFORMAÇÕES SOBRE DOENÇAS DE PLANTAS POR MEIO DA INTERNET. **Salão de Extensão (08.: 2007: Porto Alegre, RS). Caderno de resumos. Porto Alegre: UFRGS/PROREXT, 2007.**, 2007. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/186879/Resumo_10214.pdf?sequence=1. Acesso em: 31 out. 2021.
- AMORIM, Lilian *et al.* **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Ouro Fino: Editora Agronômica Ceres, 2018. 573 p.
- ANTONELLO, R.. Introdução a Visão Computacional com Python e OpenCV. **Santa Catarina, 1a edição**, 2018.
- BARBEDO, Jayme Garcia Arnal; GODOY, Cláudia Vieira. Automatic Classification of Soybean Diseases Based on Digital Images of Leaf Symptoms. In: SBI AGRO, 10., 2015, Ponta Grossa. **X Congresso Brasileiro de Agroinformática**. Campinas: Embrapa, 2015. p. 1-10. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131801/1/4-jayme-garcia-arnal-barbedo-58.pdf>. Acesso em: 01 out. 2022.
- BARBEDO, J. G. A. Automatic image-based detection and recognition of plant diseases - a critical view. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 11., 2017, Campinas, SP. **Anais**
- BARBEDO, J. G. A. A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images. **Biosystems Engineering**, v. 144, p. 52-60, 2016. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1537511015302476?token=CDAF70E5241FA3C00D3B0E6CACC62A7B65C2B91F84D2088A581C6403A805C8D1F0C0BE33195DCDE63B440C23285A0633&originRegion=us-east-1&originCreation=20221022154056>. Acesso em: 01 set. 2022.
- BARBEDO, Jayme Garcia Arnal. **Diagnóstico automático de doenças em plantas usando imagens digitais**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/206798/diagnostico-automatico-de-doencas-em-plantas-usando-imagens-digitais>. Acesso em: 31 out. 2021.
- BARBEDO, J. G. A. Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 648-660, 2013. Disponível em: <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-660#citeas>. Acesso em: 02 ago. 2022.
- BARBEDO, J. G. A. *et al.* Annotated Plant Pathology Databases for Image-Based Detection and Recognition of Diseases. **Ieee Latin America Transactions**, [S.L.], v. 16, n. 6, p. 1749-1757, jun. 2018. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tla.2018.8444395>. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8444395&casa_token=KbKbArV8vCs

AAAAA:OkcQsPMYnmtrprMMwvYccJYeDo3poMcimiOSM17Ftq83DOVFE_jr2d0pmVrN
cDJbAyMHKCK7m1s. Acesso em: 12 nov. 2021.

Barbosa, J. Z.; Consalter, R.; Pauletti, V.; Motta, A. C. V. **Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas.** Revista de Ciências Agrárias, v.39, p.15-24, 2016. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16350/13316>. Acesso em: 31 out. 2021.

BERNER, D. K.; PAXSON, L. K. Use of digital images to differentiate reactions of collections of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) to infection by *Puccinia jaceae*. **Science Direct**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 171-179, 14 abr. 2003. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1049964403000963?token=BE21F41218FB3DEB65E84935822090EEDAE1EEAA76815C70C0DE5CCCF800A0F6173A08260B451D58032B4381E4A46362&originRegion=us-east-1&originCreation=20221022153043>. Acesso em: 01 set. 2022.

CARROLL, Henry. **Leia isto se quiser tirar fotos incríveis de gente.** Tradução: Edson Furmarkiewicz. 1. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2015. 13 p.

CAROLLO, E. M.; SANTOS FILHO, H. P. **Manual básico de técnicas fitopatológicas: laboratório de fitopatologia Embrapa Mandioca e Fruticultura.** Embrapa Mandioca e Fruticultura-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E). 2016.

CENCI, AS; SOARES, AG; FREIRE JUNIOR, M. 1997. **Manual de Perdas Pós-Colheita de Frutos e Hortalícias.** Rio de Janeiro: CTAA/Embrapa. 29p. (CTAA. Embrapa. Documentos, 27)

CEPEA. **PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO.** 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 20 out. 2022.

CONCI, A. *et al.* **Computação Gráfica.** v. 2. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 6., 2007, São Pedro. **UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE DOENÇAS DE PLANTAS VIA WEB.** São Pedro: Embrapa Informática Agropecuária, 2007. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159363/1/PL-sistema-Massruha-SBIAgro-2007.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

Como fotografar bem | 6 Dicas de como tirar boas fotos com Gustavo Cruz?. [S.l.: s.n.], 2017.1 vídeo (ca. 9 min). Publicado pelo canal Manual do Homem Moderno. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KOPf2mqEfbs>. Acesso em: 25 set. 2022.

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 7., 2009, Viçosa. **UM ESTUDO DE CASO DO DIAGNOSE VIRTUAL NA WEB 2.0.** Viçosa: Embrapa Agricultura Digital, 2009. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/512950/1/T123.pdf>. Acesso em: 31 out. 2021.

CROWSON, H. L. *et al.* Electronic Databases and Information Technology in Plant Pathology. In: WALLER, J. M. *et al.* **Plant Pathologist's Pocketbook.** 3. ed. Ney York: Cabi, 2002. p. 461. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?id=Qi0nwuTkj_8C&pg=PA461&lpg=PA461&dq=Electronict+databases+and+information+technology+in+plant+pathology.&source=bl&ots=s28LULtJbK&sig=CpVNCCeGvkDloedIIWz1iSDLuImk&hl=pt

BR&sa=X&ved=0ahUKEwj93J3KysnXAhXCi5AKHeMNBdUQ6AEINDAB#v=onepage&q=&f=false. Acesso em: 02 nov. 2021.

DE LIMA, H. P.; MASSRUHÁ, SMFS. **Sistema Diagnose Virtual: módulo especialista: manual do usuário.** Embrapa Informática Agropecuária-Dокументos (INFOTECA-E), 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/32128/1/doc89.pdf>. Acesso em: 31 de out. 2021.

DE QUEIROZ, José E. R.; GOMES, Herman M. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 13, n. 2, p. 11- 42, 2006. Disponível em: https://saulo.arisa.com.br/aulas/cg/PDI_RitaTutorial.pdf. Acesso em: 29 de set. 2022.

DHINGRA, Gittaly *et al.* **Study of digital image processing techniques for leaf disease detection and classification.** 2017. Disponível em: <https://link-springer-com.ez46.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11042-017-5445-8#citeas>. Acesso em: 29 out. 2021.

DOTTA, S. **Uso de uma mídia social como ambiente virtual de aprendizagem.** Anais do XXII SBIE XVII WIE. Aracaju: SBC, p. 610-619, Nov/ 2011.

EMBRAPA. **Sistema Diagnose Virtual: módulo especialista: manual do usuário.** 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/32128/sistema-diagnose-virtual-modulo-especialista-manual-do-usuario>. Acesso em: 28 out. 2021.

EMBRAPA. **Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos.** 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>. Acesso em: 15 out. 2022.

ENRICI, Juan Pablo. **FITO DIAGNOSE DIGITAL: DETECÇÃO DE DOENÇAS DE PLANTAS VIA IMAGENS DIGITAIS.** 2018. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação, Ciência da Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/9014/TCC_JUAN_PABLO_ENRICI.pdf;jsessionid=2386138BD792931BB7C191EC82DEFDA1?sequence=1. Acesso em: 28 out. 2021.

FILATRO, Andrea; PICONEZ, Stela Conceição Bertholo. Evolução dos sistemas para educação a distância. In: MACIEL, Cristiano. **AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM.** Cuiabá: Edufmt, 2013. p. 59-81. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/129865/mod_resource/content/1/Ambientes%20Virtuais.pdf. Acesso em: 03 nov. 2021.

FONSECA, Eliene Maciel dos Santos; ARAÚJO, Rosivaldo Cordeiro de. Fitossanidade. In: FONSECA, Eliene Maciel dos Santos; ARAÚJO, Rosivaldo Cordeiro de. **Fitossanidade: Princípios Básicos e Métodos de Controle de Doenças e Pragas Vegetais.** São Paulo: Saraiva Educação, 2015. Cap. 1. p. 20-26. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Y4qwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT20&dq=perda+de+gr%C3%A3os+e+frutas+devido+a+doen%C3%A7as+e+pragas&ots=Bt9Rscolfr&sig=ZDGzm0xUbEZNHmjMCzJWYUIDrjQ#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 01 nov. 2021.

FONSECA, Gustavo. **Triângulo de Exposição: Diafragma, Obturador e ISO.** 2017. Disponível em: <https://cinematografico.com.br/2017/01/triangulo-de-exposicao-diafragma-obturador-e-iso/>. Acesso em: 20 set. 2022.

FUNDECITRUS. Taxa de queda de frutos bate recorde na safra 2020/2021; seca severa e aumento de pragas e doenças são os principais motivos. 2021. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/taxa-de-queda-de-frutos-bate-recorde-na-safra-20202021-seca-severa-e-aumento-de-pragas-e-doencas-sao-os-principais-motivos/1051>. Acesso em: 30 out. 2021.

FLOOD, J. The importance of plant health to food security. *Food Sec.* 2, 215–231 (2010). Disponível em: <https://link.springer-com.ez46.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s12571-010-0072-5#citeas>. Acesso em: 29 out. 2021

GALVÃO, Geferson et al. VISÃO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO DE DOENÇAS FÚNGICAS NA AGRICULTURA. ÚNICA Cadernos Acadêmicos, v. 2, n. 1, 2018.

GUERRA, Antonia Mirian Nogueira de Moura et al. Avaliação das principais causas de perdas pós-colheita de hortaliças comercializadas em Santarém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 34-40, 22 fev. 2017. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i1.4809>. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4809>. Acesso em: 29 out. 2021.

GUERRERO, N. R. et al. Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional. **Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín**, Medellín , v. 65, n. 1, p. 6399-6405, June 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472012000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 out. 2022.

HODGES, C. (et al). **The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning.** EDUCAUSE Review, 2020. Disponível em: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning#fn3>. Acesso em: 07 de novembro 2021.

HUGHES, David; SALATHÉ, Marcel. An open access repository of images on plant health to enable the development of mobile disease diagnostics. **arXiv preprint arXiv:1511.08060**, 2015.

KAN-RICE, Pamela. **Pests and pathogens place global burden on major food crops.** 2019. Disponível em: <https://ucanr.edu/News/?routeName=newsstory&postnum=29354>. Acesso em: 30 out. 2021.

LEINER, Barry M. et al. **A brief history of the Internet.** ACM SIGCOMM Computer Communication Review, v. 39, n. 5, p. 22-31, 2009.

LOPES, C.A. & SANTOS, J.R.M. **Doenças do tomateiro.** Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1994

MACIEL, Leidiane Marques. **HERBÁRIO VIRTUAL DE FITOPATOLOGIA: UMA FERRAMENTA IMPORTANTE PARA OS DISCENTES DE AGRONOMIA DA UNILAB.** 2017. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afrobrasileira, Redenção, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/935/1/Leidiane%20Marques%20Maciel.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021

MANGINI, B. da S. et al. Evolução do sistema Diagnose Virtual. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Resumo em anais de congresso (ALICE).** Campinas: EMBRAPA-CNPTIA, 2009., 2009.

MARSHALL, Gary. **Smartphone cameras explained: everything you need to know about the snapper in your smartphone.** 2015. Disponível em: <https://www.nextpit.com/smartphone-cameras-explained>. Acesso em: 01 out. 2022.

MARQUES FILHO, Ogê *et al.* **Processamento Digital de Imagens.** Rio de Janeiro: Brasport, 1999. 331 p. Disponível em: <https://www.ogemarques.com/wp-content/uploads/2014/11/pdi99.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira. **Infraestrutura virtual para apoio à tomada de decisão no diagnóstico e prognóstico de doenças de plantas.** 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/9362/infraestrutura-virtual-para-apoio-a-tomada-de-decisao-no-diagnostico-e-prognostico-de-doencas-de-plantas>. Acesso em: 30 out. 2021.

Mattos, Ad, Tolentino Júnior, JB & Itako, AT Determinação da severidade da mancha foliar de Septoria em tomateiro por meio de imagens digitais. *Patol vegetal da Australásia.* 49 , 329-356 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13313-020-00697-6>

MATTOS, Amanda do Prado. **DETERMINAÇÃO DA SEVERIDADE DE DOENÇAS DE PLANTAS POR MEIO DE IMAGENS DIGITAIS.** 2017. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/177004/Determinacao_severidade_doencas.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 ago. 2022.

MOHANTY, Sharada P.; HUGHES, David P.; SALATHÉ, Marcel. Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 7, p. 1419, 22 set. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5032846/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MORAZ, E. **Manual Prático de Fotografia Digital.** São Paulo 2008: Universo dos Livros, 2008. 112 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=A19_z2XfKSIC&oi=fnd&pg=PT6&dq=Manual+de+Fotografia+Digital+&ots=ThgYLUS3lz&sig=91azFWdM1-wpUHiH3u_yFh6VtFQ#v=onepage&q=BRANCO&f=false. Acesso em: 01 out. 2022.

MURARI, Alexandre. **TRIÂNGULO DE EXPOSIÇÃO NA FOTOGRAFIA: SAIBA COMO FUNCIONA.** 2020. Disponível em: <https://www.epics.com.br/blog/triangulo-de-expoicao-na-fotografia-saiba-como-funciona>. Acesso em: 30 set. 2022.

NORONHA, M. A.; SOBRINHO, C. A. **Diagnose de doenças de plantas: Coleta, armazenamento e transporte.** Teresina, PI, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/52992/1/FDDiagnose0001.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

PARISI, M. C. M.; HENRIQUE, C. M.; PRATI, P. Doenças pós-colheita: um entrave na comercialização. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 2, jul./dez. 2015. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4481221/mod_resource/content/0/APTA%20doen%C3%A7as%20p%C3%B3s-colheita%20%282015%29.pdf. Acesso em: 02 nov. 2021.

PATUSSI, Eduardo Grigollo *et al.* Comparisons between photographic equipment for dental use: DSLR cameras vs. smartphones. **Revista da Faculdade de Odontologia-Upf**, Passo Fundo, v. 24, n. 2, p. 198-203, 2019. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rfo/article/view/10437/114114918>. Acesso em: 01 out. 2022.

- PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. **Análise de imagens digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações**, São Paulo: Thomson Learning, 2008. 508p.
- PIRIS, Amanda Silva. CLÍNICA DE DIAGNOSE DE DOENÇAS DE PLANTAS E SUA IMPORTÂNCIA NO MANEJO DE DOENÇAS. Área temática: Meio ambiente.
- REIS, Nuno. **As Principais Funções Da Máquina Fotográfica Digital**. 2022. Disponível em: <https://www.aprender-fotografia.com/funcoes-maquina-fotografica/>. Acesso em: 15 set. 2022.
- REIS, Nuno. **A Exposição Fotográfica Explicada De Forma Simples**. 2022. Disponível em: <https://www.aprender-fotografia.com/exposicao-fotografica/>. Acesso em: 01 out. 2022.
- SANKARANA, S. *et al.* A review of advanced techniques for detecting plant diseases. **Computers And Electronics In Agriculture**, [s. l], v. 72, n. 1, p. 1-13, 2010. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0168169910000438?token=80FA4371BE522D96B68EB95D0699823EF70723AE347E420208A293E4ABD440227C2F3A347BF221513F15C4298B3DB190&originRegion=us-east-1&originCreation=20221022141500>. Acesso em: 10 set. 2022.
- Santos V, Barbedo J (2017). Aplicativo para captura de imagens de doenças em plantas. In **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (Alice)**. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica 11., 2017, Campinas. Anais...[sl: sn]
- SANTOS, Thiago Teixeira *et al.* Visão computacional aplicada na agricultura. **Embrapa Agricultura Digital-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020
- SCHIESSER, Tim. **Know Your Smartphone: A Guide to Camera Hardware**. 2014. Disponível em: <https://www.techspot.com/guides/850-smartphone-camera-hardware/page2.html/>. Acesso em: 01 out. 2022.
- SCHURT, D. A.; BARBOSA, R. N. T. Critérios de coleta de amostras para diagnose de doenças de plantas. **Embrapa Roraima-Fólder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2019.
- SENA, JR. D.G.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; VIANA, P.A. Fall armyworm damaged maize plant identification using digital images. **Biosystems Engineering**, v. 85, n. 4, p. 449–454. 2003.
- SILVEIRA, R. R.; GRAICHEN, F. A. S. AUXÍLIO NA DIAGNOSE DE DOENÇAS DE PLANTAS À COMUNIDADE ACADÊMICA DA UEMS-AQUIDAUANA. **ANAIIS DO SEMEX**, v. 5, n. 5, 2012.
- STRANGE, Richard N.; SCOTT, Peter R.. Plant Disease: a threat to global food security. **Annual Review Of Phytopathology**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 83-116, 1 set. 2005. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839>. Acesso em: 30 out. 2021.
- STEDDOM, Karl *et al.* Comparando o formato e a resolução da imagem para Avaliação de Doenças Foliares do Trigo. **Plant Management Network**, [s. l], v. 6, n. 1, p. 11, maio 2005. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHP-2005-0516-01-RS>. Acesso em: 01 out. 2022.
- SUN, Yu *et al.* **Deep Learning for Plant Identification in Natural Environment**. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5458433/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

TORRES, G. A. M.; SANTANA, F. M.; FERNANDES, J. M. C.; SÓ E SILVA, M. Doenças da espiga causam perda de rendimento em trigo nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, em 2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico online, 255). Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/821793/1/pco255.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

UM SOFTWARE PARA EDIÇÃO DE LIVRO DIGITAL EMPREGANDO IMAGENS.
Maringá, 21 fev. 2014. Disponível em:
http://www.mastereditora.com.br/periodico/20140310_162042.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

8 REGRAS DE COMPOSIÇÃO PARA MELHORAR SUAS FOTOS. Realização de Paulo del Valle. 2019. (10 min.), son., color. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=jAReqhTQ3hM>. Acesso em: 01 out. 2022.