

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**AGRONOMIA**

**ANORMALIDADES EM HÍBRIDOS DE MILHO ASSOCIADAS A  
FATORES GENÉTICOS E AMBIENTAIS**

**WESLEY VINICIUS DE MATOS AQUINO**



Wesley Vinícius de Matos Aquino

ANORMALIDADES EM HÍBRIDOS DE MILHO ASSOCIADAS A  
FATORES GENÉTICOS E AMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Carlos Juliano Brant Albuquerque

Montes Claros  
2020

Wesley Vinícius de Matos Aquino. ANORMALIDADES EM HÍBRIDOS DE MILHO ASSOCIADAS A FATORES GENÉTICOS E AMBIENTAIS.

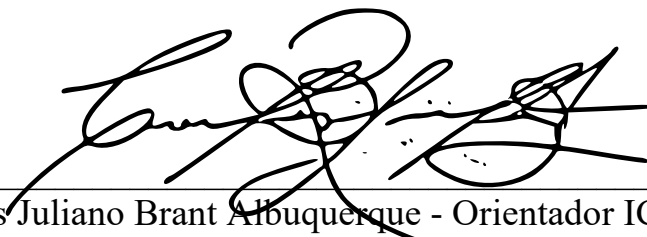
Aprovado pela banca examinadora constituída por:

---

Prof. Fernando da Silva Rocha - ICA/UFMG

---

Prof. Delacyr da Silva Brandão Junior - ICA/UFMG



---

Prof. Carlos Juliano Brant Albuquerque - Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 23 de outubro de 2020.

Dedico este trabalho aos meus avós e meus pais, em especial à minha “Vovó” Maria dos Anjos Mendes e à minha mãe Elisângela Mendes de Matos, por serem fonte infinita de apoio e inspiração.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar aqui minha gratidão especial à minha família: meu pai e minha mãe, meus avós, irmãos, tios e primos. Mas entre esses é fundamental destacar o quanto sou grato à minha avó Maria dos Anjos Mendes. Mulher, batalhadora, trabalhadora rural do sertão norte mineiro, a quem sou grato pelo cuidado, ensinamentos, apoio e amor incondicionais. Assim como minha mãe, que como professora sabe da importância a educação na vida das pessoas e sempre me incentivou e me apoiou nessa jornada.

Tenho muita gratidão também aos grandes amigos que fiz durante esses anos, mas em especial a Luísa Rocha, Rafael Dias e Clóvis Henrique, assim como Saulo Souza e Gustavo Alves. Seres humanos incríveis que fazem parte de minha vida e que dividiram comigo momentos de alegria, tristeza, dificuldade, mas principalmente momentos de muita superação. Fortalecemos muito uns aos outros e não consigo imaginar que chegaria ao fim dessa jornada sem seu apoio.

Agradeço ainda ao Programa de Educação Tutorial - PET do curso de Agronomia, do qual fui bolsista durante quase três anos. Agradeço a todos os meus contemporâneos de grupo, mas destaco a figura de nosso tutor Ernane Ronie Martins, por seu apoio, mentoria e toda sua relevância em minha formação profissional, mas também humana e cidadã.

Ainda entre os professores, agradeço ao Prof. Fernando Rocha pelos conselhos e tempo em que trabalhamos juntos. E ao meu orientador Prof. Carlos Juliano Brant Albuquerque, a quem admiro e agradeço pela inspiração, paciência, disposição e por todos os ensinamentos.

Gratidão também à Fundação Universitária Mendes Pimentel (FUMP) por ser essa referência em assistência estudantil, sem a qual não teria sido possível minha permanência na universidade. Agradecimento especial também à Moradia Universitária Cyro Versiani dos Anjos, meu lar durante esses anos, e aos grandes amigos que por lá fiz.

Agradeço ainda a Bayer *Crop Science* pela oportunidade a mim concedida e pelas experiências que me foram proporcionadas. Desta empresa, agradeço especialmente ao meu supervisor David Luiz Grespan Neto e aos grandes líderes Marcos Boel e Marlon Denez.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), especialmente ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA). Sou e serei um eterno defensor da universidade pública, gratuita e de qualidade. Universidade pública é educação, ciência, inovação e principalmente transformação das pessoas e de nossa sociedade. Meu respeito, admiração e agradecimento a esta instituição.

*“Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se o não fizerem ali?”*

(Fernando Pessoa)

## RESUMO

É comum que em campos de milho ocorram modificações no aspecto normal das plantas, muitas vezes confundidas com doenças. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi relatar, por meio de uma pesquisa bibliográfica, a ocorrência de Mancha *Fleck*, Mancha Arroxeadada e *Green Snape* em híbridos de milho, apresentando possíveis causas, consequências e potenciais propostas de intervenção. O estudo envolveu diversas etapas, de acordo com o que é proposto por Gil (2008). Além de investigar na literatura o que se sabe sobre as três anomalias, buscou-se contextualizar as informações com experiências e observações práticas. No estudo verificou-se que a Mancha *Fleck* é uma reação de hipersensibilidade, não causando problemas ou perdas para a cultura e, portanto, dispensando o emprego de quaisquer táticas de manejo. Foi constatado ainda que a Mancha Arroxeadada é simplesmente o resultado do acúmulo de detritos, umidade e, conseqüentemente, alguns microrganismos de hábito saprofítico, em algumas partes da planta. Ademais, fora notado que o *Green Snape* é o nome que se dá ao quebraimento ou torção do colmo com as plantas de milho ainda verdes, o que é resultado da interação entre características fisiológicas da planta com fatores ambientais, como o vento. Há divergências sobre a classificação ou não dos fenômenos como doenças, mas o que ficou claro é que estes são anormalidades que estão associadas a fatores genéticos e ambientais. Não obstante, podem gerar problemas de diagnose a campo, necessitando de mais pesquisas e ampla difusão das informações. Foi evidenciado que o essencial é que se conheça bem os diferentes ambientes e materiais, posicionando o híbrido no ambiente de produção adequado e manejando-o sob práticas agrônômicas ajustadas, a fim de minimizar a ocorrência destes e de outros problemas.

**Palavras-chave:** Doenças. Anormalidades. Mancha *Fleck*. Mancha Arroxeadada. *Green Snape*. Milho. Diagnose.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aumento brusco na atividade oxidativa e na produção de NO, o que estimula a resposta de hipersensibilidade e outros mecanismos de defesa da planta.....	21
Figura 2 - (A) Manifestações fenotípicas causadas por vários genes LES em linhagens de milho (B) Exemplos de linhagens que mostram a <i>Leaf Flecking</i> em uma manifestação leve.....	23
Figura 3 - Sintomas da Mancha Arroxeadada em milho.....	27
Figura 4 - Sintomas de Mancha Marrom de <i>Physoderma</i> em milho.....	28
Figura 5 - Sintomas semelhantes à Mancha foliar de <i>Physoderma</i> : à esquerda sintoma de <i>Eyespot</i> ou Mancha Ocular, causada por <i>Aureobasidium zeae</i> ; ao centro Ferrugem Polysora, causada por <i>Puccinia polysora</i> ; e à direita a Mancha Arroxeadada.....	28
Figura 6 - Sintoma de <i>Green Snape</i> em milho.....	30
Figura 7 - Tombamento devido a ocorrência de <i>Stalk Rot of Corn</i> ou podridão do colmo, doença causada pelo fungo <i>Physoderma maydis</i> .....	31
Figura 8 - Ocorrência de <i>Green Snape</i> em plantio de milho mais adensado.....	32



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Referências bibliográficas organizadas por tipo de fonte.....	19
--------------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FRAC - *Fungicide Resistance Action Commitee*

HR - Resposta de hipersensibilidade ou reação de hipersensibilidade

LES - Classe de mutações que compreende variados tipos de lesões, manchas foliares e morte celular acelerada

NO - Óxido nítrico

NO-sintase - Enzima óxido nítrico sintase

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
2.1. Objetivo geral.....	12
2.2. Objetivos específicos .....	12
<b>3. CONTEXTO TEÓRICO</b> .....	12
3.1. Conceito de doenças de plantas .....	13
3.2. Diagnose de doenças de plantas.....	14
3.3. Problemas e dificuldades .....	16
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	17
4.1. Classificação da pesquisa com base em seus objetivos .....	17
4.2. Classificação da pesquisa com base nos procedimentos técnicos .....	17
4.3. Tipo de estudo e suas etapas .....	17
<b>5. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS</b> .....	20
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
6.1. Mancha <i>Fleck</i> .....	20
6.2. Mancha Arroxeadada.....	26
6.3. <i>Green Snape</i> .....	29
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	34
7.1. Mancha <i>Fleck</i> .....	34
7.2. Mancha Arroxeadada.....	34
7.3. <i>Green Snape</i> .....	35
<b>8. CONCLUSÕES</b> .....	35
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

Muito se tem avançado no conhecimento sobre os diversos fatores que afetam o desenvolvimento das culturas agrícolas, especialmente as de maior interesse econômico, como o milho. Com esses avanços, se tem alcançado elevadas produtividades e expressivos resultados econômicos.

Na temporada 2019/2020 a produção total do milho de primeira e segunda safras no Brasil atingiu 100,1 milhões de toneladas, apresentando crescimento de 0,3% em relação a temporada 2018/2019 (CONAB, 2020). Impulsionado por esses números, em 2019 o país se tornou o maior exportador desse grão no mundo, embarcando 44,9 milhões de toneladas, o que representa um crescimento expressivo em relação ao ano anterior. Isso chama a atenção pelo fato de que o país detinha 1% do mercado global há dez anos e atualmente responde por 25% do total de vendas no mundo (CNA, 2020).

Devido a esse grande valor gerado pela cadeia do cereal, se busca cada vez mais entender os principais componentes de sua produção, com foco em aumento de produtividade e combate aos principais problemas que podem afetar as lavouras no campo. Com isso, técnicos e produtores contam com novas e cada vez mais eficazes formas de diagnosticar estes problemas que podem surgir, sejam eles oriundos de fatores bióticos ou mesmo abióticos.

No entanto, o campo está sujeito a uma série de ocorrências, como algumas anomalias ainda pouco conhecidas, o que pode gerar diagnósticos errôneos e intervenções inadequadas ou mesmo desnecessárias, que acabam por prejudicar ainda mais o desenvolvimento da cultura.

Foi o que pude observar durante estágio realizado ao longo de 2020 junto aos times de *Market Development* (MD) e *Knowledge Transfer* (KT) da *Bayer Crop Science*. Em diversas oportunidades nossos times relataram a ocorrência de algumas anomalias, verificadas especialmente em híbridos durante a safrinha brasileira. O destaque vai para três anormalidades relacionadas a fatores genéticos e ambientais: a Mancha *Fleck*, Mancha Arroxeadada e o *Green Snape*.

A Mancha *Fleck* caracteriza-se como uma lesão leve observada em folhas de milho e tem sido relacionada a fatores de resistência da planta a doenças de amplo espectro (OLUKOLU *et al.*, 2016).

Já a Mancha Arroxeadada é classificada como uma anomalia que pode ser causada pelo acúmulo de detritos em partes da planta, podendo ser confundida com algumas doenças da cultura (ROBERTSON *et al.*, 2010).

Enquanto o *Green Snape* é definido como quebramento ou torção do colmo ainda com as plantas verdes, que pode ser causado por uma série de fatores (ELMORE *et al.*, 2005).

Esses fenômenos têm sido observados com certa frequência por alguns especialistas, principalmente dos times de *Breeding* e *Market Development* de empresas produtoras de sementes no Brasil, que detêm grande experiência e recursos para identificá-los. Mas o problema aqui abordado reside na escassez de informações, diagnose imprecisa e intervenções inadequadas. Dessa forma, produtores, equipes comerciais e times de campo têm encontrado dificuldades para diagnosticar essas anomalias e manejá-las, quando aplicável.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

O objetivo desse trabalho foi relatar, por meio de uma pesquisa bibliográfica, a ocorrência de Mancha *Fleck*, Mancha Arroxeadada e *Green Snape* em híbridos de milho, apresentando possíveis causas, consequências e potenciais propostas de intervenção.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Reunir e apresentar informações com caráter científico, mas também técnico, recorrendo a experiências e observações de campo.
- Destacar as implicações decorrentes destas anomalias, direto ou indiretamente.
- Apontar os principais *gaps* na literatura, identificando demandas e oportunidades para novas pesquisas ou aprofundamentos.
- Evidenciar a importância de informações para uma diagnose precisa de doenças e outras ocorrências na cultura.

## **3. CONTEXTO TEÓRICO**

Para que seja possível discorrer sobre os objetos deste estudo é fundamental que abordemos temas extremamente relevantes dentro da fitopatologia. O objetivo é que isso nos forneça os conceitos fundamentais, subsidiando uma análise mais aprofundada no momento de apresentar e discutir os resultados.

### **3.1. Conceito de doenças de plantas**

A fitopatologia se dedica a compreender quais fenômenos estão por trás do desenvolvimento de enfermidades em plantas, para que assim possam ser estabelecidas formas de preveni-las e controlá-las. Dessa forma, essa ciência estuda os diversos aspectos relacionados a doenças de plantas, como: diagnose, sintomatologia, etiologia, epidemiologia e controle.

Dentro desta ciência, algumas dificuldades enfrentadas pelos fitopatologistas são, por exemplo, como diferenciar doença de uma injúria causada por um fator físico ou químico e como definir se uma irritação é doença, ataque de pragas ou oriunda de outros fatores que podem afetar o desenvolvimento das plantas, como as condições ambientais. Dessa forma, devemos entender doença como um fenômeno complexo e de difícil definição.

Ainda assim, é possível encontrar na literatura diversas definições. Estas demonstram o quanto o conceito é impreciso, mas podem nortear nossas reflexões. Entre as principais, podemos destacar a de Gäumann (1946) e especialmente a de Agrios (2005).

Segundo Agrios (2005) “Doença é o mal funcionamento de células e tecidos do hospedeiro que resulta da sua contínua irritação por um agente patogênico ou fator ambiental e que conduz ao desenvolvimento de sintomas. Doença é uma condição envolvendo mudanças anormais na forma, fisiologia, integridade ou comportamento da planta. Tais mudanças podem resultar em dano parcial ou morte da planta ou de suas partes”.

Como o autor menciona, o desenvolvimento da doença pode ser causado por agentes de natureza infecciosa, como fungos, bactérias, nematoides, vírus e viroides, protozoários e plantas parasitas superiores. Além disso, por algum fator ambiental (causas de natureza não infecciosa), como alta amplitude térmica, fogo, déficit hídrico, excesso de umidade, incidência luminosa deficitária ou excessiva e deficiências ou desbalanços nutricionais. Além disso, efeitos relacionados a fatores químicos como os derivados da ação de fertilizantes químicos, hormônios sintéticos e produtos fitossanitários.

Uma abordagem muito comum nas discussões sobre doenças de natureza infecciosa em plantas é a de que o desenvolvimento da doença está condicionado pela interação entre os fatores patógeno, hospedeiro e ambiente, sendo esta interação representada pelo triângulo.

Há de se destacar, no entanto, que a severidade das doenças infecciosas pode ser variável, pois depende de outros fatores relacionados a cada um dos componentes do triângulo. Nesse contexto, a ação do homem assume um papel extremamente relevante, principalmente quando se pensa nas intervenções visando o manejo das doenças (AGRIOS, 2005).

### **3.2. Diagnose de doenças de plantas**

A produtividade das culturas agrícolas pode ser limitada por diversos fatores, entre os quais as doenças de plantas podem ser destacadas. Nos principais cereais cultivados o estresse por algum fator biótico pode causar perdas superiores a 23% do rendimento potencial (FAO, 2009). Além disso, perdas na pós-colheita devido a doenças podem ser de cerca de 30 a 40% (FANG e RAMASAMY, 2015), como acontece com o milho devido ao problema dos grãos ardidos.

Dessa forma, detectar e identificar com precisão as doenças é extremamente necessário para manejá-las adequadamente e garantir a sanidade da lavoura. Isso porque um diagnóstico impreciso da enfermidade e suas causas pode levar ao fracasso nas estratégias de manejo adotadas, o que pode gerar perdas no campo, na colheita e inclusive no armazenamento e comercialização. Essas perdas podem ser agravadas pela adoção de medidas fitossanitárias inadequadas, como apontam Miller *et al.* (2009).

Uma das formas de diagnose mais adotadas é a avaliação dos sintomas e sinais, isto é, através da sintomatologia. A sintomatologia se dedica a estudar os sintomas e sinais que caracterizam o que seria a manifestação de determinada doença na planta. Os sintomas representam como a planta reage diante das ações dos agentes de natureza fitopatogênica. Enquanto os sinais representam a exteriorização de estruturas do agente no tecido infectado (BERGAMIN FILHO e KIMATI, 1995; AGRIOS, 2005). Dessa forma, a diagnose pode ser indireta (baseada exclusivamente nos sintomas) ou direta (baseada em sintomas e sinais). Além disso, é possível realizar a diagnose através de sintomas primários (resultado da ação direta do patógeno nos órgãos que apresentam os sintomas) e sintomas secundários ou reflexos (observados na planta em órgãos distantes do local de ação do patógeno).

Os sintomas mais comuns que são associados às doenças de plantas são: anasarca (extravasamento de conteúdo celular, que resulta em áreas de aspecto encharcado), cancro (lesões necróticas, formando depressões nos tecidos corticais de caules, tubérculos e raízes), clorose (ausência parcial ou total da coloração verde normal), galhas (desenvolvimento anormal de tecidos resultante da hipertrofia e hiperplasia de células), gomose (exsudação de goma a partir de lesões, principalmente em caules ou frutos), mancha (mais comum em folhas, apresentando formas variadas), mosaico (áreas cloróticas intercaladas com áreas de verde mais escuro, observadas principalmente em folhas), murcha (perda de turgescência de folhas, pecíolos e hastes suculentas, decorrente da obstrução do sistema vascular ou destruição do sistema radicular), necrose (escurecimento de tecido resultante da morte celular), podridão (morte e desintegração de tecidos, decorrente da atividade enzimática de fitopatógenos), pústula (pequena mancha necrótica, com elevação da epiderme, que se rompe por força da produção e

exposição de esporos fúngicos), requeima ou crestamento (necrose repentina de órgãos aéreos), tombamento ou *damping-off* (tombamento ou morte de mudas, resultante da podridão dos tecidos tenros da base de seu caulículo), verrugose (crescimento excessivo de tecidos epidérmicos e corticais) (BERGAMIN FILHO e KIMATI, 1995).

Como descrito anteriormente, os sinais são estruturas ou mesmo produtos do patógeno, que se encontram associados ao hospedeiro, geralmente, através da lesão. Exemplos dessas estruturas são células bacterianas, ovos de nematoides, micélio, esporos e corpos de frutificação fúngicos. Além disso, exsudações (como o pus de bactérias vasculares) e cheiros que têm origem nas lesões causadas pelo patógeno, podem ser considerados sinais. Como exemplo prático é possível mencionar frutificações de fungos conhecidos, como os esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja e feijão, micélio de *Oidium* spp. em diversas culturas e mesmo massas de uredósporos ou teliósporos produzidas em pústulas pelos fungos causadores de ferrugens em diversas plantas, como o fungo *Puccinia polysora* em milho. Esses sinais ocorrem, em sua maioria, em estádios mais avançados dentro do processo de infecção (BERGAMIN FILHO e KIMATI, 1995; AGRIOS, 2005).

Dentro da fitopatologia, estudos e técnicas relacionados a diagnose de doenças apresentaram grande evolução ao longo dos anos. Este campo progrediu através de diversos avanços tecnológicos, passando de diagnose por inspeção visual dos sinais e sintomas da doença ao nível de detecção e identificação molecular dos patógenos (BALODI *et al.*, 2017).

Recentemente, têm sido desenvolvidos métodos quantitativos de alto desempenho baseados em imagens, realizando-se assim avaliações do crescimento e desenvolvimento das plantas por fenotipagem. Estes métodos auxiliam na verificação de mudanças na fisiologia das plantas, que podem ser desencadeadas por diversos fatores, inclusive pela infecção por patógenos. Dessa forma, é possível estudar os mecanismos de desenvolvimento dos sintomas das doenças (BALODI *et al.*, 2017).

Com isso, evidencia-se que a fitopatologia tem avançado não de forma isolada, mas juntamente com a biotecnologia, biologia molecular e bioinformática. Isso abre novos caminhos e possibilidades para o desenvolvimento de procedimentos de diagnóstico mais precisos.

No entanto, é importante destacar que isso não invalida o tradicional diagnóstico através da observação dos sintomas e sinais característicos. Dessa forma, as diferentes técnicas e ferramentas podem ser complementares, auxiliando os profissionais na correta identificação dos problemas e adoção, quando necessário, das táticas de manejo mais apropriadas para cada situação.



### 3.3. Problemas e dificuldades

Identificar as doenças que atacam as principais culturas agrícolas é uma atividade básica e das mais importantes para a agricultura. Essa identificação é feita majoritariamente de forma visual. No entanto, Barbedo (2016) destaca que essa avaliação pode ser problemática já que envolve fatores subjetivos e está sujeita a influência de fenômenos psicológicos e cognitivos que podem levar ao erro.

Nesse sentido, análises laboratoriais podem ser mais precisas, mas geralmente consomem tempo, deixando de fornecer respostas em tempo hábil (BARBEDO, 2016). Isso é reforçado por Ray *et al.* (2017), os quais enfatizam que a demanda para que seja possível realizar um diagnóstico de doenças de plantas que seja rápido e preciso tem crescido cada vez mais.

Barbedo (2016) aponta que variações dos sintomas podem ser um problema tanto na identificação visual pelo profissional, quanto por uso de imagens no espectro visível. O autor lembra que uma doença pode apresentar sintomas característicos, mas sempre poderão existir variações na cor, forma e tamanho. Isso cria problemas para o diagnóstico, já que muitos fatores podem modificar as características dos sintomas. Além disso, algumas doenças produzem sintomas heterogêneos e com uma distribuição altamente variável, o que dificulta sua caracterização.

Outro ponto levantado por Barbedo (2016) é a ocorrência de múltiplas desordens simultaneamente, como deficiências nutricionais e ataque de pragas. Algo comum, visto que o sistema imunológico da planta é fragilizado pela infecção, fazendo com que outros distúrbios possam ocorrer com maior facilidade. Isso é confirmado por Bock *et al.* (2010), que verificaram a presença simultânea de sintomas causados por diferentes doenças, observando que isso poderia resultar em problemas de identificação. Além disso, diferentes desordens com sintomas similares podem ocorrer e isso é um grande desafio devido a semelhança dos sintomas. Como exemplos podemos mencionar a fitotoxicidade por defensivos agrícolas e danos mecânicos variados.

Por fim, Ray *et al.* (2017) destacam que técnicas moleculares e imunológicas mostram maior sensibilidade, mas um dos problemas apontados é a morosidade e demanda por equipamentos sofisticados e pessoal qualificado. Os autores afirmam ainda que os métodos de diagnose atuais são trabalhosos, demorados e pouco precisos, sendo fundamental que se avance nas pesquisas e desenvolvimento de ferramentas para esse fim.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Classificação da pesquisa com base em seus objetivos**

Como este trabalho objetiva explicitar um problema, trazendo à luz suas causas prováveis, consequências e eventuais formas de manejo, determinou-se sua classificação como pesquisa exploratória.

Segundo Gil (2008), estas pesquisas têm o objetivo de possibilitar mais familiaridade com o problema, ou seja, explicitá-lo. Este tipo de estudo pode envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com experts no assunto ou mesmo análise de exemplos e, geralmente, assume a forma de pesquisa bibliográfica.

### **4.2. Classificação da pesquisa com base nos procedimentos técnicos utilizados**

Como procedimento para execução deste estudo definiu-se o que é prática na pesquisa bibliográfica. Gil (2008) aponta que este tipo de pesquisa é desenvolvido a partir de conteúdo já disponível na literatura, constituído principalmente de livros e artigos científicos, o que é característico da maior parte dos estudos exploratórios.

### **4.3. Tipo de estudo e suas etapas**

Como exposto, este trabalho caracteriza-se como um estudo exploratório realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica.

Portanto, na perspectiva do que é proposto por Gil (2008), em sua condução foram realizadas as seguintes etapas:

#### **Etapa 1: Escolha do tema**

Definido considerando a relevância dos assuntos abordados e a necessidade de se elucidar diversas questões relacionadas a estes. Tal demanda surge a partir de experiências vivenciadas, diálogos com membros da cadeia produtiva e da observação das diversas lacunas ainda existentes.

#### **Etapa 2: Levantamento bibliográfico preliminar**

Etapa realizada com o objetivo de possibilitar condições de formulação dos problemas e principais tópicos do estudo. Essa etapa permitiu que os pontos fundamentais fossem elencados com maior clareza e precisão.

### **Etapa 3: Formulação do problema**

Realizada com reflexão e análise crítica, a partir de experiências, diálogos e das condições possibilitadas pela etapa anterior. Buscou-se identificar o problema e definir com clareza o que se deseja dele saber.

Problema: ocorrência de anormalidades em híbridos de milho durante a safrinha e dificuldades para diagnosticar com precisão essas anomalias e manejá-las adequadamente, quando aplicável. A partir deste buscou-se identificar abordagens teóricas relevantes para o estudo do fenômeno.

### **Etapa 4: Plano provisório de assunto**

Após formulado e delimitado o problema, construiu-se um plano com uma organização sistemática e estrutura lógica das várias partes componentes do objeto em estudo.

### **Etapa 5: Fontes**

Nesta etapa foram identificadas as fontes apontadas como capazes de responder adequadamente as questões propostas. O permanente diálogo com os diversos *stakeholders* envolvidos na cadeia do cereal e com as principais referências científicas nos problemas abordados foi fundamental para fornecer mais subsídios e embasamento ao que é apresentado e discutido no presente trabalho. E, além disso, através da pesquisa bibliográfica consultou-se as fontes que estão descritas a seguir:

- a) Foram utilizados oito livros técnicos que abordam os temas do estudo, correlatos ou outra temática útil à sua construção.
- b) Foram utilizados vinte e três artigos científicos, sendo dezessete internacionais e seis nacionais. Estes artigos foram acessados nas bases de dados Portal de Periódicos da CAPES, Scielo, ReseachGate e acesso direto a algumas revistas científicas. Além disso, foram utilizados doze materiais técnicos, como boletins de instituições de pesquisa e empresas, sendo onze internacionais e um nacional. Os seguintes descritores foram aplicados: Mancha *Fleck*, Mancha Arroxeadada, *Green Snape*, *Leaf Flecking*, *Purple Leaf Sheath in Corn*, *Green Snape in Corn*.
- c) Não foram utilizadas teses ou monografias, apenas uma dissertação de mestrado de universidade pública brasileira.

Os seguintes critérios de inclusão foram considerados para seleção das fontes: bibliografias que abordassem ocorrência, sintomas, causas, consequências e/ou apresentassem

propostas de intervenção para manejo dessas anomalias, além de assuntos correlatos. Foram utilizadas bibliografias básicas e priorizadas publicações de artigos científicos indexados, no idioma inglês e publicadas nos últimos dez anos (TABELA 1).

Tabela 1 - Referências bibliográficas organizadas por tipo de fonte

<b>FONTE</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>
<b>Livros</b>	AGRIOS, 2005; BENNETZEN <i>et al.</i> , 2018; BERGAMIN FILHO e KIMATI, 1995; GAUMANN, 1946; MUNKVOLD and WHITE, 2016; STREETS, 1984; TAIZ e ZEIGER, 2017; WISE <i>et al.</i> , 2016.
<b>Artigos</b>	BALINT-KURTI, 2019; BALODI <i>et al.</i> , 2017; BARBEDO, 2016; BOCK <i>et al.</i> , 2010; BOLLER, FORCELINI e HOFFMANN, 2007; CASA <i>et al.</i> , 2007; CRUZ <i>et al.</i> , 2003; DELLEDONNE <i>et al.</i> , 2001; EASSON <i>et al.</i> , 1993; ELMORE <i>et al.</i> , 2005; FANG and RAMASAMY, 2015; ITHAL and REDDY, 2004; JULIATTI, NASCIMENTO e REZENDE, 2010; KOES <i>et al.</i> , 2005; LI <i>et al.</i> , 2018; MELCHING, 1975; MILLER <i>et al.</i> , 2009; OLUKOLU <i>et al.</i> , 2016; RAY <i>et al.</i> , 2017; RIBEIRO <i>et al.</i> , 2005; ROBERTSON <i>et al.</i> , 2015; VONTIMITTA <i>et al.</i> , 2015; ZANATTA e OERLECKE, 1991.
<b>Dissertações e teses</b>	COSTA, 2010.
<b>Informes estatísticos</b>	CNA, 2020; CONAB, 2020; FAO, 2009.
<b>Materiais técnicos</b>	ADESEMOYE, 2015; BRENT, 1999; BRUGGEMAN <i>et al.</i> 2015; ELMORE, ABENDROTH and CUMMINS, 2006; ELMORE, 2005; FERRAGUTI <i>et al.</i> , 2010; LICHT, 2012; LUEBKER, 2008; MAGALHÃES e DURÃES, 2006; ROBERTSON, 2008; ROBERTSON, 2016; ROBERTSON, PECINOVSKY and LIU, 2010.

Fonte: do autor.

### Etapa 6: Coleta de dados/informações

Dados e informações foram coletados adotando-se como procedimento a aplicação de filtros por três leituras:

- Leitura Exploratória: fora realizada sobre todo o material bibliográfico coletado, objetivando aferir em quais proporções estas obras interessavam à pesquisa.
- Leitura Seletiva: uma leitura que fora realizada de maneira mais aprofundada, especialmente das partes que realmente eram de interesse.
- Leitura Analítica: realizada com o objetivo de ordenar e categorizar informações, tendo em vista o que é proposto na presente pesquisa.

Após passagem por este crivo, dados e informações extraídos foram registrados para sumarização, análise e interpretação.

### **Etapa 7: Análise e interpretação dos resultados**

Nesta etapa foi realizada nova leitura analítica, tomadas uma série de notas e investido considerável tempo para reflexão e análise.

### **Etapa 8: Discussão**

De posse do material extraído e sintetizado nas etapas anteriores, procedeu-se a discussão acerca do tema geral, dos problemas propostos, gargalos encontrados e de novos *insights* e observações que surgiram durante a pesquisa.

## **5. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

Importante destacar que houve total compromisso em citar as fontes utilizadas no estudo, em concordância com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 6023. Dados e informações foram coletados objetivando exclusivamente o atendimento de um propósito científico: responder a questões relevantes sobre problemas observados.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

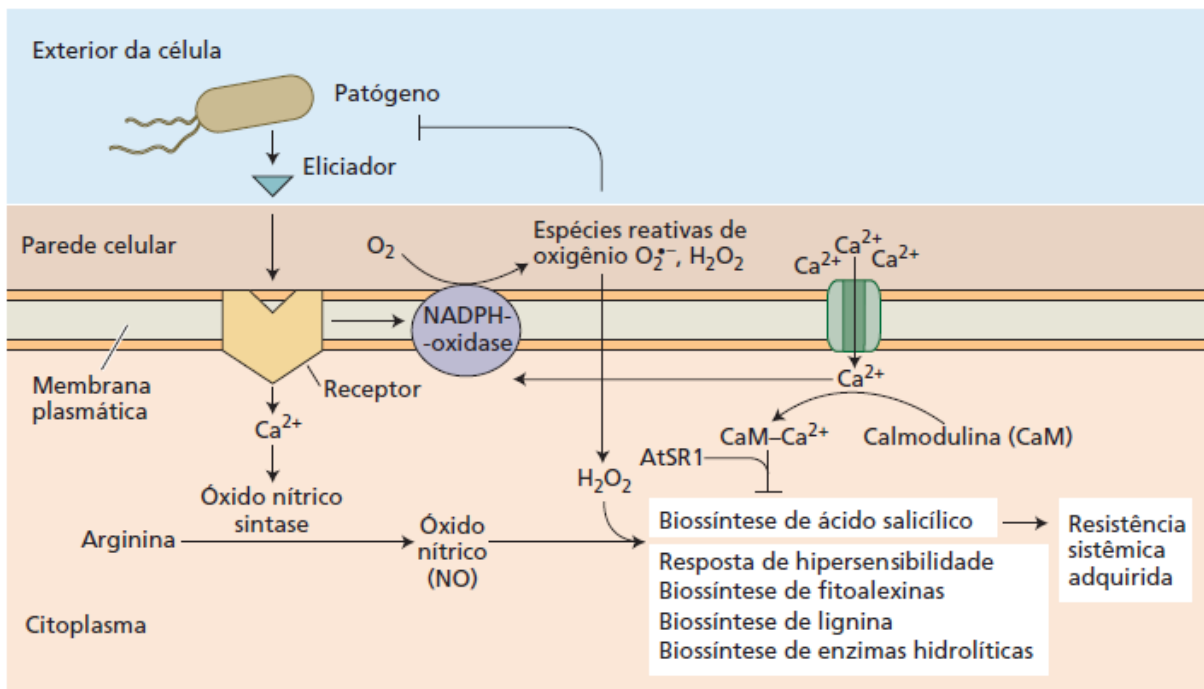
### **6.1. Mancha *Fleck***

Taiz e Zeiger (2017) destacam que um fenótipo fisiológico comumente associado à resistência genética contra fitopatógenos e insetos é a resposta de hipersensibilidade ou reação de hipersensibilidade (HR). Nesta reação, as células próximas ao ponto de infecção morrem de forma rápida, impedindo que o patógeno obtenha nutrientes, comprometendo assim sua

propagação. Além disso, caso a resposta seja eficiente, apenas o tecido no local do ataque é morto, não afetando outros tecidos e órgãos da planta.

Na maioria das vezes esse tipo de resposta é antevisto pela produção de espécies reativas de oxigênio e óxido nítrico (NO), como ilustrado na Figura 4. Células próximas ao sítio de infecção sintetizam uma série de compostos tóxicos que são formados pela redução do oxigênio molecular, como o ânion superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e o radical hidroxila ( $OH^{\bullet}$ ). Outros fenômenos frequentemente relacionados a este tipo de resposta são a peroxidação lipídica, a reprogramação transcricional, fluxos iônicos e a fortificação da parede celular (BALINT-KURTI, 2019).

Figura 1 - Aumento brusco na atividade oxidativa e na produção de NO, o que estimula a resposta de hipersensibilidade e outros mecanismos de defesa da planta



Fonte: Taiz e Zeiger (2017).

Dentre as espécies reativas de oxigênio, o radical hidroxila é o oxidante mais forte. Assim, este pode dar início a reações de radicais em cadeia, com diversas moléculas orgânicas, o que leva à peroxidação lipídica, inativação de enzimas, degradação de ácidos nucleicos e outros sinais também descritos por Balint-Kurti (2019). As espécies reativas de oxigênio podem contribuir para a morte celular como parte da resposta de hipersensibilidade ou atuar diretamente na morte do patógeno (DELLEDONNE *et al.*, 2001; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Para que ocorra a ativação da resposta de hipersensibilidade é imprescindível que haja um aumento de NO e das espécies reativas de oxigênio (DELLEDONNE *et al.*, 2001). E de

fato, a explosão oxidativa que ocorre nas folhas infectadas é acompanhada por um pico de NO. Esse NO é sintetizado a partir do aminoácido arginina pela enzima óxido nítrico sintase (NO-sintase) e conforme Taiz e Zeiger (2017), ao que parece, é necessário que haja um aumento na concentração de cálcio citosólico para que, durante a resposta de hipersensibilidade, ocorra a ativação da NO-sintase.

Outro ponto é que o aumento de NO por si só não é suficiente para a ativação da resposta de hipersensibilidade, pois é necessário que haja também um aumento das espécies reativas de oxigênio para que o efeito na indução da morte celular seja significativo (DELLEDONNE *et al.*, 2001; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Normalmente essa é a primeira reação dentro do mecanismo de defesa vegetal, a qual é seguida por uma série de outras alterações no local de infecção ou na planta como um todo. Isso pode induzir uma série de modificações no metabolismo e estas podem ser determinantes para o sucesso da resistência da planta.

Segundo Balint-Kurti (2019), uma grande classe de mutações que compreende variados tipos de lesões, manchas foliares e morte celular acelerada foi caracterizada em várias espécies vegetais, como milho e arroz. Essa classe de mutantes é referida como LES e suas manifestações são similares a expressão da HR, como apresentado na Figura 5.

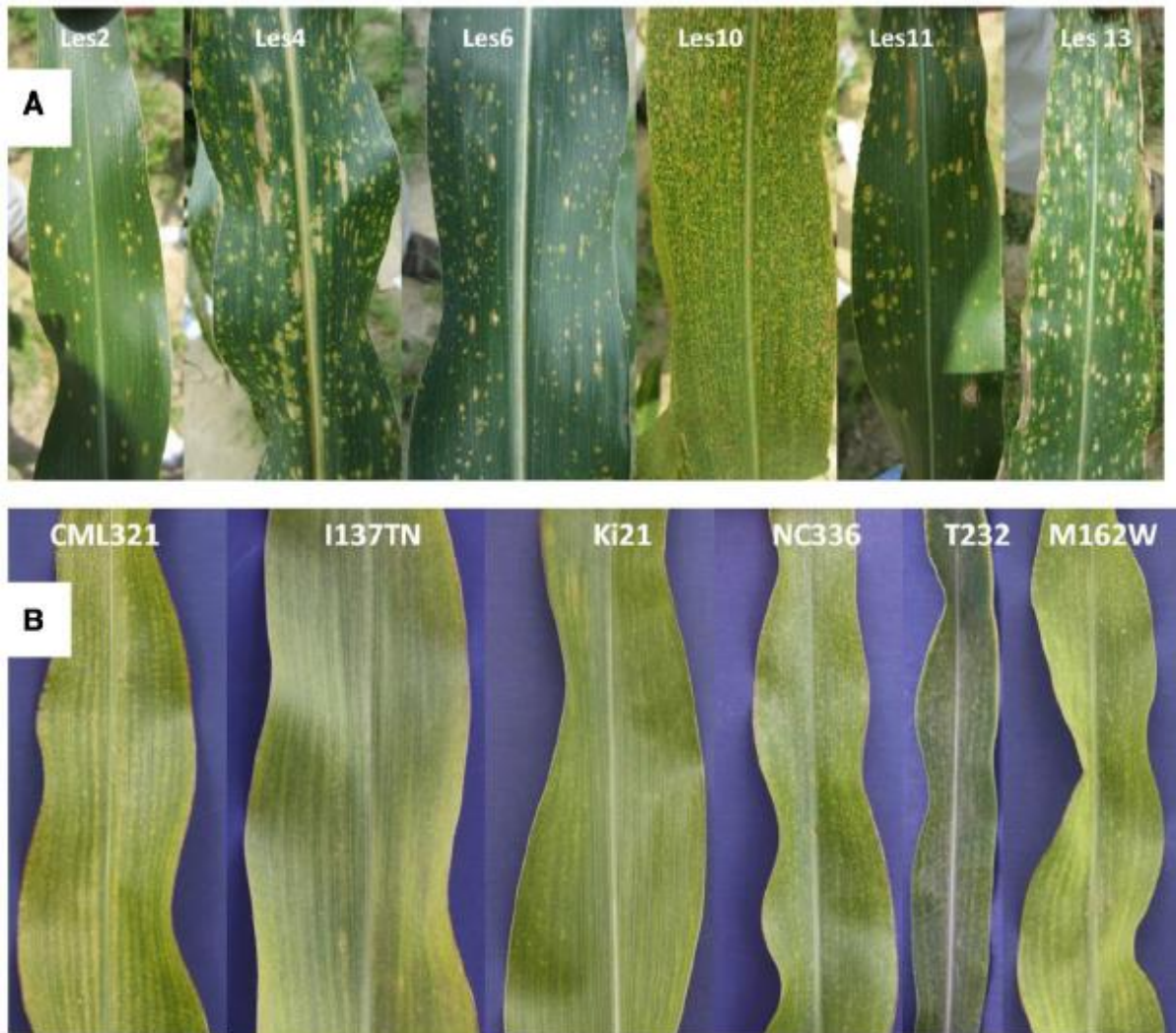
Bruggemen *et al.* (2015) listam cerca de 80 genes que estão relacionados a classe LES. Um grupo destes genes LES parece expressar seu fenótipo via interação com o mecanismo de defesa de plantas. Já alguns outros afetam os processos que regulam as espécies reativas de oxigênio na planta. Dessa forma, alguns genes LES podem estar relacionados a expressão da HR.

Alguns fenótipos de lesão leve observados nas folhas de linhagens de milho são características que podem estar relacionadas aos fenômenos descritos anteriormente. Isso vem sendo observado em algumas outras espécies vegetais como a cevada, trigo e aveia (BALINT-KURTI, 2019). Além disso, Costa (2010), ao estudar a expressão de características relacionadas ao fungo *Phakopsora pachyrhizi* em soja, verificou o surgimento de *flecks* nos trifólios das plantas. Segundo a autora, este tipo de resposta em folhas de soja pode refletir diferentes eventos citológicos e destaca ainda que estes *flecks* podem estar relacionados a uma HR das cultivares ao fungo.

Como mencionado, algumas reações deste tipo vêm sendo observadas em linhagens de milho (FIGURA 5). E uma destas manifestações na cultura é exatamente a *Leaf Flecking* ou *Mancha Fleck*. Segundo Olukolu *et al.* (2016), esse fenômeno é uma manifestação fenotípica com o surgimento de lesões leves observadas nas folhas de linhagens consanguíneas de milho

e tem sido relacionado ao aumento de resistência da planta a doenças de amplo espectro. Essas características de resistência normalmente podem ser isoladas e introduzidas em linhagens utilizadas para obtenção de híbridos comerciais, conferindo resistência genética contra algumas doenças alvo.

Figura 2 - (A) Manifestações fenotípicas causadas por vários genes LES em linhagens de milho (B) Exemplos de linhagens que mostram a *Leaf Flecking* em uma manifestação leve



Fonte: adaptado de Vontimitta *et al.* (2015) e Olukolu *et al.* (2016) por Balint-Kurti (2019).

Essas manchas causadas pela reação de hipersensibilidade são chamadas de *flecks*, que em tradução livre significa mancha, por isso o nome Mancha *Fleck*. É comum que observemos esse fenômeno em áreas experimentais, já que é uma característica que pode ser utilizada como marcador de resistência a pragas e doenças.

Como se trata de uma manifestação fenotípica (OLUKOLU *et al.*, 2016), ou seja, resultado da interação de fatores genéticos e ambientais, esse fenômeno pode ser observado em



diferentes intensidades. Além disso, relatos de melhoristas de algumas empresas mostram que sua expressão pode se dar mesmo com o patógeno ausente.

Apesar de ser um fenômeno majoritariamente observado em linhagens consanguíneas, têm sido cada vez mais recorrentes os relatos da presença deste em híbridos comerciais. Isso pode ser justificado pelo fato de a resistência a patógenos e pragas ser uma das características desejadas em híbridos de milho. Dessa forma, muitos híbridos comerciais são obtidos a partir de linhagens parentais que expressam essa característica ou mesmo que tenham um *trait* biotecnológico que leva à sua expressão.

Como destacado anteriormente, Taiz e Zeiger (2017) apontam a correlação entre a expressão da HR e a produção de espécies reativas de oxigênio. Nessa mesma linha, Olukolu *et al.* (2016) afirmam haver evidências de que pode existir uma relação entre o surgimento dos *flecks* e a produção de espécies reativas de oxigênio que são desencadeadas pelo processo fotossintético, portanto indo além e correlacionando sua expressão também a quantidade de luz a que a planta é exposta.

Melching (1975) lembra que a resistência genética é essencial dentro dos diversos programas de manejo de doenças nas principais culturas agrícolas. E na cultura do milho, a resistência expressa por reação de hipersensibilidade vem sendo identificada e explorada em diversos genótipos, podendo ser efetiva na redução das perdas na produtividade e no controle da disseminação de patógenos e infecções nas áreas de cultivo. Neste sentido, ao estudarem variadas populações de milho, Olukolu *et al.* (2016) verificaram que não há comprometimento no rendimento de grãos pela presença dos *flecks*, podendo esta HR ser utilizada como marcador para a expressão de resistência a uma série de fitopatógenos ou mesmo pragas.

No campo essas manchas podem ser confundidas com sintomas iniciais de algumas doenças, isso porque manchas são frequentemente associadas ao ataque de fitopatógenos e são parte dos métodos de diagnose baseados na sintomatologia, como discutido anteriormente. Um exemplo é a Ferrugem *Polyssora*, em que nas fases iniciais de desenvolvimento do fungo *Puccinia polysora* os sintomas podem ser muito semelhantes. Devido a isso, surgem relatos de intervenções com fungicidas. E é fato que com a aplicação de alguns fungicidas a tendência é que as plantas fiquem mais verdes, reduzindo o impacto visual que as manchas geram. No entanto, é importante destacar que estas aplicações são desnecessárias e poderão onerar ainda mais o agricultor, devido ao custo elevado dos produtos. Além disso, aplicações extras podem gerar um custo ambiental e prejudicar os programas de manejo de resistência preconizados pelo *Fungicide Resistance Action Committee* (FRAC).

Brent (1999) chama a atenção para o fato de que, entre outros fatores, a identificação errada do patógeno é um dos motivos para as dificuldades no controle de diversas doenças. Afinal, como apontam Boller e Forcelline (2007), é pelas características do alvo (o que passa por sua correta identificação) e condições do ambiente que se seleciona produto e equipamento de aplicação mais adequados, reduzindo desperdícios e potencializando o efeito biológico. Ademais, para se obter sucesso na proteção das plantas, a identificação e localização do alvo é imprescindível (JULIATTI, NASCIMENTO, REZENDE, 2010).

Uma outra observação prática está relacionada a aspectos nutricionais. Há relatos de que dependendo das condições de nutrição da lavoura, as plantas podem apresentar *flecks* em maior ou menor intensidade. Além disso, observa-se intensificação das manchas com a aplicação de produtos contendo Zn e/ou Mn, como fertilizantes e alguns fungicidas. E como destacado, Taiz e Zeiger (2017) relacionam o Ca a alguns fenômenos fisiológicos essenciais para que ocorra a HR. No entanto, ainda não está claro o impacto que tem a nutrição nestas respostas e sua expressão fenotípica.

Balint-Kurti (2019) indica que em situações específicas, a HR pode ter outras consequências como aumento da susceptibilidade a patógenos e retardo de crescimento da planta, provavelmente devido aos custos metabólicos de uma ativação inadequada. Mas apesar disso e do custo significativo até mesmo para sua ativação normal, a maioria dos estudos sugere que é uma ferramenta eficaz como componente do sistema de defesa da planta.

Tanto Vontimitta *et al.* (2015), quanto Olukolu *et al.* (2016), indicaram em seus trabalhos que, na maioria dos casos, essas manchas parecem ser uma forma leve de HR mal regulada.

Ainda assim, o surgimento dos *flecks* em híbridos comerciais pode gerar incômodo nos agricultores devido ao aspecto visual. Isso é agravado pela dificuldade que os times de campo podem ter em identificar sua expressão, gerando diagnósticos errôneos e adoção de práticas de manejo desnecessárias e que, inclusive, podem ser agronomicamente deletérias e dispendiosas do ponto de vista financeiro.

Mas, tanto em trabalhos científicos, com destaque para Olukolu *et al.* (2016), como em testes realizados pelas empresas, verifica-se que a estabilidade produtiva dos materiais não é comprometida. Sendo assim, independente da ocorrência desta reação de hipersensibilidade, o que continua a valer é a necessidade e a importância de se adotar as melhores práticas agronômicas e posicionar os híbridos nos ambientes de produção adequados para que estes expressem seu potencial produtivo de maneira satisfatória.

## 6.2. Mancha Arroxçada

Manchas são frequentemente associadas ao ataque de patógenos, visto que diversas doenças são identificadas através desse sintoma. No entanto, é sempre importante estar atento, pois como ponderam Munkvold e White (2016), a ocorrência de doenças é influenciada por diversos fatores: condições ambientais, práticas agronômicas, histórico de doenças e características do material genético, como ficou evidenciado nas discussões sobre a Mancha *Fleck*.

As plantas costumam acumular uma diversidade de pigmentos em vários tecidos e órgãos e isso, geralmente, está relacionado à fotossíntese, mecanismos de defesa ou fatores ligados reprodução e dispersão. A antocianina é um destes pigmentos e é ela que confere uma coloração arroxçada a tecidos e órgãos de diferentes espécies vegetais. Ithal e Reddy (2004) apontam que o acúmulo de antocianina em diferentes tecidos muitas vezes pode estar relacionado a funções fisiológicas, como a modulação de respostas hormonais, proteção contra raios ultravioleta e mecanismos de defesa.

O metabolismo deste pigmento hidrossolúvel é regulado por genes e influenciado pelo ambiente, principalmente por fatores como pH, radiação solar e temperatura. Estas correlações foram feitas por Koes *et al.* (2005), ao estudarem algumas espécies vegetais, entre elas o milho.

Li *et al.* (2018) acrescentam que luz, temperatura, disponibilidade de água, nutrição, pH, açúcares e hormônios vegetais, podem regular a biossíntese e o acúmulo de antocianina em plantas. Mas, segundo estes autores, a luz é o mais importante desses fatores, pois os genes que induzem a síntese do pigmento em milho são altamente responsivos a incidência luminosa.

Ainda segundo Li *et al.* (2018), uma comparação de sequência e análises de expressão gênica indicaram que GRMZM5G822829 é o gene candidato para a expressão da coloração arroxçada em bainhas e folhas de milho.

No entanto, a biossíntese e acúmulo de antocianina em partes da planta não parece ser a razão pela qual se tem observado cada vez mais a ocorrência de manchas de coloração arroxçada na bainha da folha ou mesmo em folhas de milho.

De acordo com Adesemoye (2015), a cor dessas lesões varia entre roxo, marrom e preto e a condição não é exclusiva de alguns híbridos ou locais específicos no campo, pois as plantas afetadas costumam ser de diferentes germoplasmas, estão espalhadas e os sintomas surgem aleatoriamente. O autor examinou algumas plantas que apresentaram os sintomas e verificou a presença de algumas bactérias e fungos nas lesões, como o gênero *Alternaria*.

Segundo Robertson *et al.* (2015), essas manchas arroxçadas são causadas por fungos e bactérias saprófitas que se desenvolvem no pólen, poeira e umidade que se acumulam atrás da

bainha da folha ou nas folhas. Não há nada que indique que essa condição possa impactar negativamente o rendimento da cultura ou mesmo ser transmitida de uma planta para outra. As plantas que exibiram estes sintomas desenvolveram colmos, folhas, espigas e grãos normalmente e apresentaram estande dentro do esperado. Dessa forma, o impacto é apenas visual e não há necessidade de se realizar tratamento com fungicidas (ADESEMOYE, 2015).

No entanto, Robertson (2016) chama a atenção para o fato de que a *Purple Leaf Sheath Lesion* ou Mancha Arroxeadada (como vem sendo chamada no Brasil) é frequentemente diagnosticada como Mancha Marrom de *Physoderma*. Contudo, os sintomas (FIGURA 6) não são causados pela infecção por patógenos e a autora inclui essa anomalia no grupo chamado por ela de “*disease imposters*”, classificando a Mancha Arroxeadada como uma “*Physoderma imposter*”.

Figura 3 - Sintomas da Mancha Arroxeadada em milho



Fonte: Robertson (2016).

*Physoderma brown spot* ou Mancha Marrom de *Physoderma* (FIGURA 7) é uma doença causada pelo fungo *Physoderma maydis*, assim como a *Stalk Rot of Corn* ou podridão do colmo. Esse fungo pertence a classe Chytridiomycota, na qual todas as espécies produzem zoósporos (ROBERTSON *et al.*, 2015).

A Mancha Marrom de *Physoderma* se manifesta através de numerosas manchas redondas ou ovais, muito pequenas e que apresentam coloração marrom ou amarelada e ocorrem em faixas largas pela folha (ROBERTSON *et al.*, 2015).

Figura 4 - Sintomas de Mancha Marrom de *Physoderma* em milho



Fonte: Robertson (2016).

Algumas manchas ovais, de coloração arroxeada ou preta, também ocorrem no meio da folha, no caule e na bainha. Esses sintomas podem ser confundidos com os da ferrugem causada por *Puccinia polysora* ou mesmo com a Mancha Arroxeada, como fica evidente na Figura 8. Dessa forma, é importante observar se essas manchas ovais arroxeadas estão preenchidas com os esporângios do fungo, para uma diagnose mais assertiva (ROBERTSON *et al.*, 2015).

Figura 5 - Sintomas semelhantes à Mancha foliar de *Physoderma*: à esquerda sintoma de *Eyespot* ou Mancha Ocular, causada por *Aureobasidium zeae*; ao centro Ferrugem Polysora, causada por *Puccinia polysora*; e à direita a Mancha Arroxeada



Fonte: Robertson *et al.* (2015).

Robertson *et al.* (2015) indicam que alguns híbridos parecem ter maior suscetibilidade a infecção pelo fungo *Physoderma maydis* e que o período mais crítico é entre os estádios

fenológicos V5 e V9. Além disso, notou-se que as altas temperaturas (23-32°C) e períodos de alta pluviosidade favorecem o desenvolvimento da doença.

Não há registro de fungicidas para controle dessa enfermidade. No entanto, há relatos de que a aplicação de produtos à base de Tebuconazol em lavouras atacadas, com as plantas em estágio V8, reduziu sensivelmente a severidade da Mancha Marrom de *Physoderma* (LI *et al.*, 2010).

Os relatos de ocorrência dessa doença no Brasil têm crescido nas últimas temporadas, especialmente na safrinha do sul. Na mesma medida crescem os relatos de Mancha Arroxeadada, mas isso quando o fenômeno é devidamente identificado. Portanto, os dados sobre ocorrência tanto da Mancha Marrom de *Physoderma* (doença verdadeira), quanto da Mancha Arroxeadada (falsa doença), podem estar sendo superestimados ou subestimados.

Dessa forma, fica evidente a importância de se avançar no entendimento da dinâmica de ambos os problemas, com o objetivo de se realizar uma diagnose precisa e o manejo ou prevenção adequados, quando aplicável.

### **6.3. Green Snape**

As doenças estão entre os principais fatores que promovem redução na produtividade do milho. Estas diversas enfermidades se manifestam através de diferentes sintomas e sinais, assim como em graus variados de incidência e severidade. Entre estas diferentes manifestações destacamos os problemas de colmo, que são comuns no campo e podem causar sérios danos.

Segundo Casa *et al.* (2007), estes problemas geralmente levam ao acamamento, quebra do colmo ou morte prematura de plantas, comprometendo o desenvolvimento de grãos e espigas.

O acamamento é uma condição na qual o colmo tem sua posição modificada permanentemente, resultando em plantas recurvadas ou que acabam tendo os colmos rompidos. Quando ocorre essa ruptura dos tecidos, a vascularização do colmo é interrompida, impossibilitando a recuperação da planta. O transporte de água e solutos fica comprometido devido aos danos na estrutura anatômica, prejudicando a qualidade e o rendimento dos grãos (ZANATTA e OERLECKE, 1991).

Ribeiro *et al.* (2005) indicam que alguns patógenos podem estar relacionados a essas condições, principalmente por causarem podridões nos colmos. Exemplos são os fungos *Colletotrichum graminicola*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Stenocarpella macrospora* e *Stenocarpella maydis*.



Cruz *et al.* (2003) ponderam que tanto o quebramento do colmo, quanto o acamamento das plantas, são fenômenos complexos, sendo sua expressão dependente da interação de fatores como: material genético, características edafoclimáticas da região e práticas de manejo adotadas. Já Easson *et al.* (1993) destacam o vento e a chuva como os principais promotores de acamamento e quebramento de colmos de milho.

Neste sentido, um fenômeno que é observado com frequência no campo é o chamado *Green Snape*. Elmore *et al.* (2005) definem esse fenômeno como o quebramento ou torção do colmo ainda com as plantas verdes, geralmente na ocorrência de tempestades com ventos fortes ou em situações com variações bruscas de temperaturas.

Figura 6 - Sintoma de *Green Snape* em milho



Fonte: Licht (2012).

O *Green Snape* normalmente é um resultado da interação planta x ambiente. O que geralmente acontece é um crescimento muito acelerado das estruturas vegetais, principalmente colmo e folhas, tornando a planta mais vulnerável a condições adversas, como fortes ventos. Dessa forma, fatores ambientais ou intervenções humanas que venham a promover uma aceleração do crescimento da planta, podem torná-la mais vulnerável a ocorrências como essa (LICHT, 2012).

O dano mecânico pode ocorrer em qualquer parte do colmo, mas é comum que ocorra na conexão nó/colmo, logo abaixo da espiga primária, que é a principal. Plantas afetadas podem produzir uma pequena espiga, pois nem sempre ocorre a ruptura total do colmo. No entanto, essas espigas tendem a ser improdutivas (FERRAGUTI *et al.*, 2010).

Por serem sintomas tipicamente relacionados ao ataque de fungos que causam podridões de colmo, como os mencionados anteriormente, a ocorrência destas quebras de colmo e tombamentos de plantas gera uma série de preocupações. E estas são intensificadas quando se observa o escurecimento no local de ruptura ou torção do colmo (semelhante ao apresentado na FIGURA 10), imediatamente remetendo a um ataque de patógenos. No entanto, essa pode ser apenas uma condição de deterioração do tecido por microrganismos, que ocorreu após o dano mecânico, não tendo relação com as podridões frequentemente observadas na cultura.

Figura 7 - Tombamento devido a ocorrência de *Stalk Rot of Corn* ou podridão do colmo, doença causada pelo fungo *Physoderma maydis*



Fonte: Robertson *et al.* (2015).

A maior parte dos estudos indica que quanto mais tardiamente dentro do ciclo da cultura ocorra esse fenômeno, maiores poderão ser as perdas no rendimento, visto que a recuperação das plantas danificadas é pouco provável e as plantas não afetadas dificilmente conseguirão compensar as perdas (LICHT, 2012).

A duração e intensidade dos ventos ocorridos e a fase de desenvolvimento em que estes ocorrem podem ser fatores determinantes. Entre os estádios fenológicos V10 e R2, a planta apresenta alta taxa de crescimento, estando mais vulnerável fisicamente. É importante lembrar que em V12 inicia-se o período mais crítico para a produção, o qual estende-se até a polinização.



E em R2 é quando o acúmulo de amido está se iniciando. Nessa fase os grãos iniciam um rápido acúmulo de matéria seca e esse rápido desenvolvimento continuará até próximo ao estágio R6. N e P continuam a ser absorvidos e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para a espiga tem início nesse estágio. Isso pode ser um dos fatores relacionados ao impacto que um alto índice de quebração da planta nesses estágios pode ter sobre a produtividade (MAGALHÃES e DURÃES, 2006).

Plantas que apresentam sistema radicular desenvolvido e profundo poderão ser mais suscetíveis a ocorrência do *Green Snape*, especialmente em condições de solo seco. Essas plantas com sistema radicular mais agressivo estão mais preparadas para enfrentar outras condições adversas, como o déficit hídrico. No entanto, poderão ser mais impactadas por fortes ventos, devido a menor flexibilidade do colmo em resposta a essa força (FERRAGUTI *et al.*, 2010).

A população de plantas e a orientação em que estas estão dispostas no campo tem influência na ocorrência ou não do *Green Snape*. Em plantios com altas densidades populacionais (FIGURA 11), as folhas tendem a se orientar perpendicularmente à linha, tornando-se mais suscetíveis a danos na ocorrência de ventos fortes. Além disso, caso a população esteja muito acima do recomendado para o híbrido, as plantas poderão ser impactadas pela competição por água, luz e nutrientes, resultando no alongamento precoce dos colmos, que serão mais finos e mais sujeitos a sofrerem danos (ELMORE *et al.*, 2005).

Figura 8 - Ocorrência de *Green Snape* em plantio de milho mais adensado



Fonte: Licht (2012).

Um fator muito importante é o uso de herbicidas, especialmente os hormonais, a exemplo do 2,4D e do Dicamba. Estes herbicidas de ação hormonal promovem um crescimento mais acelerado das plantas, afetando a divisão celular na área nodal, o que aumenta a fragilidade do colmo e pode facilitar seu quebramento (ELMORE 2005; LUEBKER, 2008).

A nutrição também é um aspecto relevante, já que níveis elevados de N podem aumentar a taxa de crescimento vegetativo da planta através da rápida divisão celular, produzindo paredes celulares pouco espessas, especialmente se houver desequilíbrio na relação de disponibilidade entre o N e K, prejudicando a lignificação.

O ataque de pragas é outro fator que pode deixar as plantas mais vulneráveis ao *Green Snap*. Neste sentido, insetos que atacam regiões de crescimento e síntese de hormônios, podem ter impactos ainda maiores. O Percevejo Castanho (*Scaptocoris castenea*), por exemplo, ataca o sistema radicular das plantas de milho, podendo deixar a planta mais sensível. Assim como o Percevejo Barriga Verde (*Dichelops* spp.), que em seu processo de alimentação atinge o ponto de crescimento da planta, afetando a dinâmica hormonal, especialmente das auxinas (dominância apical e crescimento da planta).

Os mais diversos híbridos estão sujeitos a sofrerem danos pelo *Green Snap*, principalmente dependendo das condições do ambiente em que estes se encontram. No entanto, é fato que alguns materiais são mais suscetíveis ao acamamento ou mesmo quebramento do colmo. Assim como alguns materiais são mais suscetíveis ao ataque de patógenos que afetam essa estrutura. Portanto, é fundamental que na escolha do híbrido se leve em consideração estes aspectos (FERRAGUTI *et al.*, 2010).

A época em que o plantio é realizado também é relevante, principalmente considerando como estarão as condições do ambiente nos momentos mais críticos do desenvolvimento da planta. Pensando nisso, é importante estar atento a estas condições na região, principalmente no período de safrinha, que é quando se registra mais ocorrências do *Green Snap*.

Ainda não se sabe ao certo quais características dos ambientes de produção, manejo cultural e germoplasmas de safrinha que colabaram para que este fenômeno venha ocorrendo mais frequentemente neste período. Diante disso, é fundamental que se busque entender estes fatores para que seja possível estabelecer recomendações mais ajustadas.

É inegável que a observação de sintomas como o acamamento de plantas e quebra dos colmos gera muita preocupação. E também é verdade que o manejo das principais causas destes sintomas é muito difícil. Ainda assim, algumas práticas podem colaborar na sua prevenção ou mesmo minimizar os potenciais efeitos negativos.

Pensando no manejo destes problemas, é fundamental conhecer o histórico de pragas e doenças da região e da propriedade, tanto na cultura do milho (primeira e segunda safra), quanto nas culturas subsequentes. Licht (2012) recomenda ainda atenção quanto a profundidade de plantio, que deve ser de 5-7 cm para solos arenosos e 3-5 cm para solos argilosos. Além disso, o autor recomenda o uso de sistemas de combinação de híbridos, adotando-se diferentes janelas de plantio e materiais com ciclos de diferentes durações, o que pode minimizar riscos imprevisíveis como variações do clima, pressão de doenças e diferentes formas de estresse, que podem colaborar para ocorrência do *Green Snape* e uma série de outros problemas.

Caso seja realizada uma identificação imprecisa sobre as causas dos problemas observados nos colmos de milho, poderão ser adotadas medidas ineficientes e muitas vezes desesperadas, enquanto práticas simples, como uso de quebra-ventos, posição da lavoura em relação a dinâmica local dos ventos, nutrição equilibrada e uso racional de herbicidas, poderiam minimizar muitos destes efeitos (ELMORE *et al.*, 2005).

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **7.1. Mancha Fleck**

A Mancha Fleck se trata de uma reação de hipersensibilidade, portanto não causa problemas ou perdas e não há necessidade de se adotar quaisquer táticas para seu controle. No entanto, como foi evidenciado, é um tema ainda carente de mais investigações, especialmente sobre os mecanismos envolvidos na sua expressão. Entre os principais *gaps* identificados, destaca-se:

- A necessidade de se entender melhor como os diferentes ambientes de produção interferem na intensidade de sua manifestação.
- A influência que a nutrição das plantas tem sobre este fenômeno.
- Quantificar e qualificar os potenciais prejuízos agronômicos, econômicos e ambientais que um diagnóstico impreciso pode desencadear.

### **7.2. Mancha Arroxçada**

A Mancha Arroxçada é resultado do acúmulo de detritos, umidade e, conseqüentemente, alguns microrganismos de hábito saprofítico, em algumas partes da planta. Já a Mancha Marrom de *Physoderma* é uma doença causada pelo fungo *Physoderma maydis* e que tem ganhado importância nos últimos anos.

Estas podem ser confundidas no campo e isso pode gerar problemas, como a não adoção de práticas de manejo da doença quando necessário, aumentando sua incidência, severidade e a fonte de inóculo.

Quanto aos principais pontos que ainda carecem de mais investigações, destacam-se:

- Compreensão sobre a distribuição e comportamento da doença nas diferentes regiões produtoras.
- Levantamento da ocorrência de ambos os fenômenos através de sua correta identificação.
- Entender até que ponto esse acúmulo de detritos e microrganismos em partes da planta pode ser preocupante. Isto porque estes locais poderiam abrigar também alguns patógenos que podem ser saprófitas facultativos, tanto do milho como de culturas subsequentes.

### **7.3. *Green Snape***

Quando ocorre quebraimento ou torção do colmo com as plantas ainda verdes diz-se que ocorreu o chamado *Green Snape*. Este é resultado da interação entre características fisiológicas da planta com fatores ambientais, como o vento. É importante diferenciar o *Green Snape* de outros problemas de colmo, como os de origem fitopatológica, para que seja possível estabelecer estratégias de prevenção e manejo apropriadas.

Com o objetivo de entender melhor a dinâmica desse problema, é importante que sejam aprofundados os estudos sobre:

- A prevalência de registros deste problema durante a safrinha no Brasil.
- Características dos híbridos que apresentam maior suscetibilidade.

## **8. CONCLUSÕES**

- Há divergências sobre a classificação ou não dos fenômenos como doenças, mas, como ficou evidenciado nas discussões, os três são anormalidades que estão associadas a fatores genéticos e ambientais.
- Os três podem gerar problemas de diagnose, como os apresentados no contexto teórico e discutidos nos resultados deste estudo.
- Os três fenômenos vêm sendo mais observados durante a safrinha e os motivos ainda não estão claros, necessitando de mais pesquisas.

- Diante do que foi discutido, fica evidente que o essencial é que se conheça bem os diferentes ambientes e materiais, posicionando o híbrido no ambiente de produção adequado e manejando-o sob práticas agronômicas ajustadas, a fim de minimizar a ocorrência destes e de outros problemas.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESEMOYE, A.O.: Dark Lesions on Corn are Purple Leaf Sheath. University of Nebraska - Lincoln. Institute of Agriculture and Natural Resources. CROPWATCH. Sept. 17, 2015.

AGRIOS, G. N. Plant Disease Epidemiology. California, Academic Press, **Plant Pathology**, v. 5, 2005. p. 266-289.

BALINT-KURTI, P. (2019) The plant hypersensitive response: concepts, control and consequences. *Mol. Plant Pathol.* 20. 1163-1178.

BALODI, REKHA & BISHT, SUNAINA & GHATAK, ABHIJEET & RAO, K.H.. (2017). Plant Disease Diagnosis: Technological Advancements and Challenges. *Indian Phytopathology*. 70. 275-281. 10.24838/ip.2017.v70.i3.72487.

BARBEDO, A.: A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images. *Biosystems Engineering*, 144:52–60, 2016.

BENNETZEN, J.; Flint-Garcia, S.; Hirsch, C. and Tuberosa, R. 2018. The Maize Genome. 1<sup>th</sup> ed. Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-97427-9. eBook ISBN 978-3-319-97427-9

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. Importância das doenças de plantas. In: BERGAMIN FILHO, K., H.; AMORIM, L. (Ed.). Manual de fitopatologia, 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda. 1995. p. 13-33.

BRENT, Keith J. Resistência a fungicidas em patógenos de plantas cultivadas: como manejá-la? Publicado por GCP (Bruxelas), abril de 1999. FRAC Monografia N° 1. ISBN 90-72398-07-6.

BRUGGEMAN, Q., RAYNAUD, C., BENHAMED, M. and DELARUE, M. (2015) To die or not to die? Lessons from lesion mimic mutants. *Front. Plant Sci.* 6.

BOCK, C. H., POOLE, G. H., PARKER, P. E., & GOTTWALD, T. R. (2010). Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29, 59e107.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. (2007). Tecnologia de aplicação de fungicidas - parte I. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v.15, p.243-276.

CASA, R.T.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões de colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.33, p.353-357, 2007.

CNA. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. Brasil se torna o maior exportador de milho. Janeiro de 2020. Brasília: Confederação Nacional da Agricultura. 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/brasil-se-torna-o-maior-exportador-de-milho-e-escassez-do-produto-em-2020-vai-atrapalhar-o-agronegocio-de-sc>. Acesso em: 12 jul. 2020.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro - grãos: décimo levantamento, julho de 2020 - safra 2019/220. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 jul. 2020.

COSTA, 2010: Caracterização e expressão transiente de genes de *Phakopsora pachyrhizi* que codificam proteínas secretadas. Poliene Martins Costa. Viçosa, MG, 2010.

CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F. de; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; BARBIERI, R.L.; CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.9, p.5-8, 2003.

DELLEDONNE, M.; ZEIER, J.; MAROCCO, A.; LAMB, C. (2001) Signal interactions between nitric oxide and reactive oxygen intermediates in the plant hypersensitive disease resistance response. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 98, 13454–13459.

EASSON, D.L.; WHITE, E.M.; PICKLES, S.J. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. *Journal of Agricultural Science*, v.121, p.145-156, 1993.

ELMORE, R.; MARX, D.; KLEIN, R.; ABENDROTH, L. (2005). Wind Effect on Corn Leaf Azimuth. *Crop Science - CROP SCI*. 45. 10.2135/cropsci2004.0586.

ELMORE, R.; ABENDROTH, L.; CUMMINS, G. 2006. “Green Snap in Iowa”. *Integrated Crop Management (ICM) N° 496 (19): 199 – 200*. Iowa State University.

ELMORE, R. 2005. “Mid-to-late season lodging”. *Integrated Crop Management Newsletter (ICM)*. N° 494 (21): 161 – 162. Iowa State University.

FANG, Y.; RAMASAMY, RP. (2015). Current and prospective methods for plant disease detection. *Biosensors* 4: 537-561.

FAO (2009). Global agriculture towards 2050-High level expert forum. Rome, Italy: FAO, UN. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf)

FERRAGUTI, F.; CASTELLARÍN, J.; PAPA, J. C.; RUBIN, D. (2010). ¿Qué es el Green Snap o quebrado en verde del tallo del maíz? Para mejorar la producción 44 – INTA EEA Oliveros pág. 53-57.

GAUMANN, E. Pflanzliche infektionslehre: lehrbuch der allgemeinen pflanzenpathologie fur biologen, landwirte, forster und pflanzenzuchter. Basel: Verlag Birkhauses, 1946. 611p. il.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

ITHAL, N.; REDDY, A.R. (2004). Rice flavonoid pathway genes, OsDfr and OsAns, are induced by dehydration, high salt and ABA, and contain stress responsive promoter elements that interact with the transcription activator, OsC1-MYB. *Plant Sci* 166:1503–1513

JULIATTI, F.C.; NASCIMENTO, C.; REZENDE, A. A. (2010). Avaliação de diferentes pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura do milho. *Summa Phytopathologica*, v.36, n.3, p.216-2221.

KOES, R.; VERWEIJ, W.; QUATTROCCHIO, F. (2005). Flavonoids: a colorful model for the regulation and evolution of biochemical pathways. *Trends Plant Sci* 10:1360–1385

LI, P.; DU, C.; ZHANG, Y.; YIN, S.; ZHANG E.; FANG, H. (2018). Combined bulked segregant sequencing and traditional linkage analysis for identification of candidate gene for purple leaf sheath in maize. *PLoS ONE* 13(1): e0190670. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190670>

LICHT, M. 2012. *Green Snap*. Iowa State University. Integrated Crop Management. Disponível em: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/greensnap>. Acesso em: 25 jul. 2020.

LUEBKER, L. 2008. “Green Snap”. LG Seeds Agronomic Department Technical Bulletin. Pág. 1 – 2.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da Produção de Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).

MELCHING, J.S. Corn rusts: types, races and destructive potencial. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 30., Washington, 1975. Washington: American Seed Trade Association, 1975. p.90-115.

MILLER, S.A.; BEED, F.D.; HARMON, C.L. (2009). Plant disease diagnostic capabilities and networks. *Annu. Rev. Phytopathol.* 47: 15-38.

MUNKVOLD, G.P.; WHITE, D. 2016. Compendium of Corn diseases. 4 th ed. APS Press, St Paul, MN.

OLUKOLU, B.A.; BIAN, Y.; DE VRIES, B.; TRACY, W.F.; WISSER, R.J.; HOLLAND, J.B. and BALINT-KURTI, P.J. The genetics of leaf flecking in maize and its relationship to plant defense and disease resistance. *Plant Physiol.* 172, 1787–1803 (2016).

RAY, M.; RAY, A.; DASH, S. 2017. Fungal disease detection in plants: Traditional assays, novel diagnostic techniques and biosensors. *Biosens Bioelectron.* 2017;87:708-723. doi:10.1016/j.bios.2016.09.032

RIBEIRO, N.A.; CASA, R.T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; MOREIRA, E.N.; WILLE, L.A.. Incidência de podridões de Colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.5, p.1003-1009, 2005.

ROBERTSON, A. E.; JESSE, L.; MUNKVOLD, G., SALAAU ROJAS, E.; MUELLER, D. S. 2015. Physoderma brown spot and stalk rot of corn caused by *Physoderma maydis* in Iowa. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-BR-15-0003.

ROBERTSON, A. Unusual foliar diseases showing up in Iowa corn. Iowa State University. Disponível em: [www.extension.iastate.edu](http://www.extension.iastate.edu). Acesso em: 8 jul. 2020.

ROBERTSON, A. Disease imposters. Iowa State University. Integrated Crop Management. July 21, 2016. Disponível em: <https://crops.extension.iastate.edu/blog/alison-robertson/disease-imposters>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ROBERTSON, A.E.; PECINOVSKY, K.; LIU, L. 2010. Effect of fungicides on anthracnose top dieback, frost severity and yield of hybrid corn at Nashua, Iowa in 2009. *Plant Disease Management Reports* 4:FC087.

STREETS, B.R. 1984. *The Diagnosis of Plant Diseases*. The University of Arizona Press, USA, p. 247.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

THIOLLENT, Michel. *Metodologia da pesquisa - ação*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1986.

VONTIMITTA, V.; OLUKOLU, B.; PENNING, B.; JOHAL, G.; BALINT-KURTI, P.J. (2015). The genetic basis of flecking and its relationship to disease resistance in the IBM maize mapping population. *Theoretical and Applied Genetics*, 128, 1–9.

WISE, K. A.; MUELLER, D. S.; SISSON, A. J.; SMITH, D. L.; BRADLEY, C. A.; ROBERTSON, A. E. 2016. *A Farmers' Guide to Corn Diseases*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN.

ZANATTA, A.C.A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agrônômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.1001-1016, 1991.