

OTAVIO AUGUSTO PESSOTTO ALVES SIQUEIRA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE ACESSOS DE MAMONEIRA
ESPONTÂNEA PROVENIENTES DO ACRE POR MODELOS LINEARES
GENERALIZADOS**

Botucatu

2020

OTAVIO AUGUSTO PESSOTTO ALVES SIQUEIRA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE ACESSOS DE MAMONEIRA
ESPONTÂNEA PROVENIENTES DO ACRE POR MODELOS LINEARES
GENERALIZADOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP
Câmpus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Dra. Maria Marcia Pereira
Sartori

Botucatu

2020

S618q

Siqueira, Otavio Augusto Pessotto Alves

Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de mamona
espontânea provenientes do Acre por modelos lineares generalizados

/ Otavio Augusto Pessotto Alves Siqueira. -- Botucatu, 2020

77 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Maria Márcia Pereira Sartori

1. Ricinus communis. 2. Sementes. 3. Estatística Aplicada. 4.
Amphobotrys ricini. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

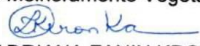
Título: **“QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE ACESSO DE MAMONA ESPONTÂNEA PROVENIENTES DO ACRE POR MODELOS LINEARES GENERALIZADOS”**

AUTOR: OTÁVIO AUGUSTO PESSOTTO ALVES SIQUEIRA

ORIENTADORA: MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Pesquisadora Dr.^a MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof.^a Dr.^a ADRIANA ZANIN KRONKA
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. PEDRO BENTO DA SILVA
Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas / Universidade do Sagrado Coração

Botucatu, 13 de março de 2020.

Aos meus amados pais,
Maria Marlene e Antônio Siqueira e ao amor
da minha vida Leticia
dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais pelo apoio incondicional.

A Profa. Dra. Maria Marcia Pereira Sartori, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professora.

Aos membros da banca Prof. Dr. Pedro Bento da Silva e Profa. Dra. Adriana Zanin Kronka pela grande contribuição.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Furtado por ceder o laboratório.

A Profa. Dra. Cristiane de Pieri pelo auxílio nas correções do trabalho.

À Universidade Estadual Paulista UNESP e ao Departamento de Produção e melhoramento vegetal por fornecer a estrutura e condições que possibilitaram a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Aos meus queridos colegas e companheiros de Pós-graduação Amanda Rithieli Pereira dos Santos, Gabriela Nunes da Piedade, Michelane Silva Santos Lima, Lizandro de Proença Pieroni, que sem o apoio não seria possível a realização deste trabalho.

**“SUA TAREFA É DESCOBRIR SEU TRABALHO, ENTÃO
COM TODO CORAÇÃO DEDICAR-SE A ELE”**

SIDARTA GAUTAMA (Buda) 563 a 483 a.C

RESUMO

Ricinus communis L. vulgarmente conhecida como mamoneira é uma cultura oleaginosa, em que suas sementes possuem em média 50% do seu peso em óleo. Dentre os fatores determinantes para garantir altas produtividades agrícolas está o uso de sementes de qualidade e o controle de doenças e pragas no campo. A principal e mais importante doença da cultura da mamoneira é o mofo cinzento causado pelo fungo *Amphobotrys ricini*. Entre as variáveis que determinam a qualidade fisiológica de sementes estão as curvas de protrusão ao longo do tempo, estimadas por modelos de regressão. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos modelos lineares generalizados para a determinação das estimativas das curvas de protrusão, a determinação da qualidade fisiológica de oito variedades espontâneas de mamona e verificar a existência de alguma fonte de resistência ao mofo cinzento da mamoneira. Para isso, foi instalado um experimento na qual foram semeadas em linhas oito variedades de mamona provenientes do Acre, para avaliação da reação dos genótipos ao mofo cinzento, frutos de mamona foram levados ao laboratório onde foi inoculado esporos do fungo, e então incubados em BOD, a avaliação foi feita através da contagem de esporos após 7 dias de incubação. A qualidade fisiológica das sementes foi determinada, através dos seguintes ensaios: teste de germinação, germinação a baixa temperatura, envelhecimento acelerado, protrusão da raiz primária ao longo do tempo e patologia de sementes. Todos os acessos avaliados quanto a reação ao mofo cinzento demonstraram-se suscetíveis. Foi detectada a incidência dos fungos *A. ricini*, *Fusarium*, *Epicoccum*, *Colletotricum*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Cladosporium*, e *Aspergillus*. O acesso A5 demonstrou o melhor desempenho em termos de qualidade fisiológica, o acesso A6 apresentou a maior taxa de germinação a baixa temperatura. A função de ligação que melhor se ajustou aos dados de germinação ao longo do tempo de sementes de mamona foi a função Cauchy.

Palavras-chave: Regressão linear. Germinação. *Ricinus communis*. *Amphobotrys ricini*.

ABSTRACT

Ricinus communis L., commonly known as castor bean, is an oilseed crop, in which its seeds have an average of 50% of its weight in oil. Among the determining factors to guarantee high agricultural productivity is the use of quality seeds and disease and pests control in the field. The main and most important disease of castor bean culture is the gray mold caused by the fungus *Amphobotrys ricini*. Among the variables that determine the physiological quality of seeds are the protrusion curves over time, estimated by regression models. The objective of this study was to evaluate the efficiency of generalized linear models for determining the estimates of protrusion curves, determining the physiological quality of eight spontaneous castor varieties and verifying the existence of a source of resistance to castor bean gray mold. To do so, an experiment was installed in which eight varieties of castor bean from Acre were sown in rows, to evaluate the reaction of the genotypes to the gray mold, castor fruits were taken to the laboratory where the fungus spores were inoculated, and then incubated in BOD chambers, the evaluation was carried out by counting spores after 7 days of incubation. The physiological quality of the seeds was determined through the following tests: germination test, low temperature germination, accelerated aging, protrusion of the primary root over time and seed pathology. All accesses evaluated for the reaction to gray mold were shown to be susceptible. The incidence of *A. rincini*, *Fusarium*, *Epicoccum*, *Colletotricum*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Cladosporium*, and *Aspergillus* was detected. The A5 access showed the best performance in terms of physiological quality, the A6 access showed the highest germination rate at low temperature. The linking function that best fitted the germination data over time for castor seeds was the Cauchy function.

Keywords: Linear regression. Germination. *Ricinus communis*. *Amphobotrys ricini*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Protrusão radicular acumulada no tempo de sementes de mamona para os oito acessos estudados	36
Figura 2 – Instalação do experimento em campo. (A e B) divisão das parcelas; (C) florescimento; (D) frutificação.....	51
Figura 3 – (A) preparo da solução de esporos; (B) inoculação dos frutos; (C) frutos acomodados em caixas gerbox; (D) incubação	53
Figura 4 – (A e B) frutos de mamoneira colonizados por <i>A. rincini</i> ; (C) preparo da lamina de Neubauer; (D) contagem de esporos.....	54
Figura 5 – (A) desinfecção; (B) acomodação das sementes; (C): <i>Fusarium sp.</i> ; (D) <i>Amphobotrys ricini</i>	55
Figura 6 – (A) plântulas consideradas normais; (B) plântulas consideradas anormais	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Funções de ligação e suas respectivas equações	34
Tabela 2 – Parâmetros dos modelos de regressão (β_0 , β_1), deviance e critério de informação de akaike (aic).	37
Tabela 3 – Tempos de protrusão radicular t50 (ie), t25 (ie) e t75 (ie) obtidos experimentalmente, t50, t25 e t75 estimados e uniformidade obtidos para os 8 acessos de mamona calculados pelas funções de ligação de probit, logit e cauchy.	41
Tabela 4 – Tabela padrão para o cálculo das probabilidades de germinação obtido pelas funções probit, logit e cauchy	42
Tabela 5 – Teste de médias de t50 e uniformidade u7525 de oito acessos de mamona obtidos pela função cauchy.	43
Tabela 6 – Resultados da análise da análise química de solo.	51
Tabela 7 – Análise de variância e teste de scott & knott para produção de esporos de <i>Amphobotrys ricini</i> em frutos de acessos de mamoneira.	58
Tabela 8 – Comparação de médias pelo teste de kruskal-wallis, para os fungos do gênero <i>Amphobotris</i> , <i>Fusarium</i> e <i>Epicoccum</i> em porcentagem (%). ...	59
Tabela 9 – Médias de porcentagens, dos fungos do gênero <i>Colletotrichum</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Nigrospora</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp. e <i>Aspergillus</i> sp.	61
Tabela 10 – Teste de germinação: primeira contagem; contagem final; plântulas anormais.	63
Tabela 11 – Teste de germinação à baixa temperatura	64
Tabela 12 – Teste de envelhecimento acelerado	65
Tabela 13 – Médias do teor de óleo dos oito acessos de mamona.	68

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	21
CAPÍTULO 1 - MODELOS LINEARES GENERALIZADOS PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PROTRUSÃO RADICULAR EM <i>Ricinus Comunnis</i>	29
1.1 INTRODUÇÃO	31
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	33
1.2.1 Modelos de regressão binomiais	33
1.2.2 Tempos de protrusão radicular	34
1.2.3 Critérios de Seleção	35
1.2.4 Análise estatística e aspectos computacionais	35
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
1.4 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 2 - REAÇÃO AO MOFO CINZENTO (<i>AMPHOBOTRYS RICINI</i>) E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE ACESSOS DE MAMONEIRA.....	47
2.1 INTRODUÇÃO	49
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
2.2.1 Reação ao mofo cinzento	51
2.2.2 Preparo dos Frutos	52
2.2.3 Cultivo de <i>A. ricini</i> e preparo da solução de esporos	52
2.2.4 Inoculação e incubação	52
2.2.5 Avaliação e contagem de esporos.....	53
2.2.6 Análise da qualidade de sementes	54
2.2.6.1 Teste de sanidade.....	54
2.2.6.2 Teste de germinação.....	55
2.2.6.3 Germinação a baixa temperatura	56
2.2.6.4 Envelhecimento acelerado	57
2.2.6.5 Teor de óleo	57
2.2.7 Analise estatística	57
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58

2.4	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	75

INTRODUÇÃO GERAL

Ricinus communis L. também conhecida como mamoneira, possui seu centro de diversidade localizado na região de Abissínia, atual Etiópia, no leste da África. *Ricinus communis* L. pertence à família Euphorbiaceae, que é considerado uma espécie monotípica, em que o gênero *Ricinus* possui uma única espécie, com seis subespécies *R. communis sinensis*, *R. communis zanzibarensis*, *R. communis persicus* e *R. communis africanus*, com 25 variedades botânicas, que possuem número de cromossomos $2n=20$ (SAVY FILHO, 1999; AZEVEDO; BELTRÃO, 2007).

O Brasil foi o líder mundial da produção de mamona entre 1960 a 1980, a partir desse período, a produção de mamona passou a ser liderada pela Índia e China, ficando o Brasil como o terceiro maior produtor mundial, e assim se mantém atualmente (FERREIRA; MELO, 2019).

Em 06 de dezembro de 2004, o governo federal instituiu o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com o intuito de atender a crescente demanda por combustíveis de fontes renováveis, gerar empregos na cadeia produtiva e gerar renda na agricultura familiar, em janeiro de 2005, a ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, regulamentou a lei 11.097, que tornava obrigatória a mistura de 2% de óleo vegetal com o diesel de óleo mineral. A partir de 2008, essa mistura seria de 5%, e, em 2014, essa mistura passou a ser de 7%, segundo a lei 13.033. Nesse contexto, o modelo tributário do Biodiesel no Brasil passou a incentivar a produção de óleo vegetal para biodiesel, a partir de culturas como a mamoneira e o dendê, sendo que os produtores de biodiesel que adquirissem matérias primas de agricultores familiares, poderiam ter redução de até 65% de impostos. Se fossem adquiridas matérias primas provenientes de produtores de mamona ou dendê do semiárido nordestino essas reduções poderiam chegar a 100% (RAMOS et al., 2017).

Apesar de ser considerada uma cultura rústica diversas doenças atacam a cultura da mamoneira causando perdas de produtividade, e entre as mais importantes está o mofo cinzento (SOARES, 2012).

O mofo cinzento da mamoneira é uma doença causada pelo fungo *Amphobotrys ricini* (N. F. Buchw) Hennebert, sendo considerada uma das principais doenças que ocorrem no cultivo da mamona. A primeira ocorrência de *A. ricini* foi relatada nos Estados Unidos em 1918, onde causou sérios prejuízos em plantações

de mamona na Florida e em outros estados do sul. A entrada da doença foi relacionada com sementes provenientes da Índia, sendo que na Índia não havia relatos de ocorrência do fungo (SOARES, 2012).

No Brasil os primeiros relatos feitos sobre a ocorrência do mofo cinzento da mamoneira, foram registrados em 1932, no estado de São Paulo. A doença tem se mostrado como um problema mais grave, em regiões que possuem condições climáticas favoráveis para o seu desenvolvimento, dentre as principais, se destacam as regiões sul e sudeste do Brasil (SOARES, 2012).

Amphobotrys ricini (N. F. Buchw) Henneber corresponde à fase anamórfica (forma assexuada) de *Botryotinia ricini* (Godfrey) Whetzel., que pertence à classe Ascomycetes, ordem Helotiales e família Sclerotiniaceae (SOARES, 2012). O conídio é castanho claro, globoso, medindo entre 6 a 10 µm formado silmultaneamente no ápice de células conidiogênicas. Os conidióforos são dicotomicamente ramificados, com coloração marrom clara, podendo medir mais de 1 cm, e em meio de cultura formam escleródios pretos, planos e convexos (DUARTE; NASCIMENTO; SOARES, 2013).

Os sintomas iniciais da doença se manifestam como pequenas manchas azuladas, com exsudação amarela, nas cápsulas e ráculos. Em condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento do fungo, a massa micelial se desenvolve intensamente, e libera uma quantidade abundante de conídios, esse fenômeno é caracterizado por um aspecto pulverulento na área lesionada (SUSSEL 2009).

O fungo é principalmente disseminado pelo vento, em função da grande produção de esporos, quando a inflorescência sofre ação mecânica do vento, se desprendem uma nuvem cinza de esporos (SOARES, 2012). A temperatura ótima para o desenvolvimento do fungo é 25 °C, e os limites de temperaturas que favorecem o crescimento micelial, estão entre 12 e 35 °C, essas temperaturas combinadas com a alta umidade relativa do ar favorecem a incidência e severidade da doença (SOARES, 2012).

O manejo do mofo cinzento da mamoneira esta fundamentado em medidas preventivas, pois não existem medidas curativas significativamente eficazes para o controle da doença, assim como não existem fungicidas registrados para a cultura (SOARES, 2012). Em função deste fato, devem ser adotadas medidas de controle com o intuito de atrasar o inicio da epidemia, e retardar o desenvolvimento no fungo

já no hospedeiro (MELHORANÇA; STAUT, 2005). Segundo Lima, Araújo e Batista (2007), métodos como rotação de culturas, eliminação de plantas de mamona espontâneas, uso de sementes sem a presença do inoculo, utilização de espaçamentos maiores, contribuem para o controle preventivo da doença. Porém para Milani, Miguel Júnior e Sousa (2005), o uso de espaçamentos maiores é uma prática que dificulta a mecanização do cultivo da mamoneira, e a eliminação de mamoneiras espontâneas pode contribuir com a diminuição da base genética de *Ricinus communis*, podendo até eliminar possíveis fontes de resistência a *Amphobotrys ricini*.

A utilização de genótipos resistentes de mamona ao ataque de *A. ricini* seria a medida de controle mais eficaz no manejo da doença, porém ainda não estão disponíveis cultivares de mamoneira com taxas significativas de resistência à doença (MILANI; MIGUEL JÚNIOR; SOUSA, 2005).

Lima e Soares (1990) avaliaram a resistência de 15 genótipos de mamoneira ao fungo e constataram que a presença de acúleos no fruto afetou negativamente o desenvolvimento da doença, assim os genótipos que possuíam poucos ou nenhum acúleo apresentavam-se com uma taxa maior de resistência. Essa característica é considerada uma herança monogênica recessiva dada pelo alelo S, sendo a dominância de S incompleta, ou seja, quando a planta apresenta um par de genes SS ela possui muitos acúleos, quando possui Ss apresenta poucos acúleos e quando ss não apresenta acúleos (GURGEL, 1945).

Segundo Milani, Miguel Júnior e Sousa (2005), a conformação da planta é uma característica que pode influenciar na severidade da doença, sendo as plantas mais abertas menos afetadas pelo fungo, em comparação às plantas mais compactas, assim como as plantas que possuem o rácemo acima das folhas, essas também têm uma resistência maior à doença. Teoricamente, plantas mais compactadas formam um microclima mais favorável ao desenvolvimento da doença.

Não existem trabalhos que determinem taxas significativas de resistência de *R. communis* ao mofo cinzento, sendo necessárias mais investigações sobre genótipos úteis para esse fim.

A produtividade agrícola é influenciada por diversos fatores, além do controle da ocorrência de pragas e doenças, o uso de sementes de qualidade é um fator determinante para garantir altos rendimentos em qualquer cultura. Até mesmo em culturas onde meio de propagação seja vegetativo, o uso de sementes de qualidade

é essencial em programas de melhoramento genético. A qualidade de sementes é determinada por quatro aspectos básicos, genético, fisiológico, físico e sanitário (MARCOS FILHO, 2015).

Entre as características que determinam o potencial fisiológico de sementes, destacam-se a viabilidade e vigor (POPINIGIS, 1977). Para determinação da viabilidade de sementes, um dos principais testes utilizados é o teste de germinação, a qual pode ser definida resumidamente como o processo de reestabelecimento das atividades metabólicas da semente, iniciados durante a embebição, seguido do rompimento do tegumento, emissão da radícula e estabelecimento da plântula normal (COPELAND; MCDONALD, 1995). Porém, o teste de germinação pode não representar completamente a qualidade fisiológica de sementes, pois é realizado em condições ideais para a germinação, em outras palavras, lotes de sementes que apresentam a mesma porcentagem de germinação em condições controladas, podem expressar diferentes taxas de estabelecimento de plântulas no campo (MARCOS FILHO, 2015). Sendo assim, se fazem necessárias determinações complementares sobre o comportamento de lotes de sementes em condições desfavoráveis à germinação (BARROS et al. 2002).

O teste de vigor tem sido desenvolvido com a finalidade de complementar as informações sobre o potencial de germinação de lotes de sementes. Diversas definições sobre o conceito de vigor de sementes têm sido propostas desde então, Woodstock (1965), refere-se ao vigor como uma condição de robustez natural associada a uma rápida e completa germinação em diferentes condições ambientais. Ista (2014) define vigor como a soma das propriedades que determinam a atividade e o desempenho de lotes de sementes com germinação aceitável em uma ampla variedade de ambientes; um lote vigoroso de sementes é potencialmente capaz de ter um bom desempenho em condições ambientais que não são ideais para as espécies.

Os testes de vigor têm o objetivo de identificar diferenças significativas que não são detectáveis no teste de germinação, assim procura-se estimar como seria a taxa de germinação de lotes de sementes no campo, para isso alguns testes procuram simular condições de estresse, entre eles o envelhecimento acelerado, e o teste de germinação à baixa temperatura (MARCOS FILHO, 2015).

Nos testes de envelhecimento acelerado, são criadas condições de alta temperatura e alta umidade relativa, com o intuito de simular potenciais condições

de armazenamento, essas condições acelerarão o processo de deterioração das sementes. Vale ressaltar que o processo de deterioração é inverso ao vigor de sementes, lotes de sementes com maior vigor sofrem menos deterioração, em condições favoráveis, Crocker e Groves (1915), observaram que o processo de deterioração causado durante o armazenamento, ocorreu devido a coagulação de proteínas, e sugeriram que temperaturas entre 30 a 40°C, e umidade relativa próxima a 100%, estavam intimamente ligadas ao vigor de sementes de trevo.

O teste de germinação à baixa temperatura também conhecido como teste a frio, tem como objetivo avaliar o desempenho de sementes durante a germinação em baixas temperaturas, e foi um dos primeiros testes desenvolvidos para avaliar o vigor de sementes, quando submetidos a condições desfavoráveis durante o processo de germinação (MARCOS FILHO, 2015).

Além dos testes em que se criam condições ambientais variadas para avaliar o desempenho da germinação de diferentes lotes de sementes, podem ser usadas também avaliações sobre a velocidade de protrusão radicular para diferenciar o grau de vigor entre os lotes, pois lotes de sementes com velocidade de protrusão radicular mais lenta estão mais propensos ao processo de deterioração, em relação aos lotes que possuem velocidade de protrusão radicular mais rápida (SILVA, 2006). Em muitas dessas avaliações procura-se estimar variáveis como T50, que representa o tempo médio para 50% das sementes emitirem a radícula, havendo também o interesse em se estimar valores para o início e final do processo de protrusão radicular, como T10 e T90 (ONOFRI; GRESTA; TEI, 2010). A variável T50 possui a mesma interpretação prática de parâmetros como DL50 (Dose letal para mortalidade de 50% da população), que são usados em ensaios dose resposta, em trabalho de toxicologia e dados entomológicos (RITZ, 2010; KÜPPER et al., 2017)

São realizadas, nos ensaios dose resposta, assim como na avaliação da protrusão radicular ao longo do tempo, estimativas dos parâmetros por modelos de regressão, porém entre os pressupostos para utilização dos modelos clássicos de regressão, é esperado que a variável resposta possua distribuição de probabilidades normal (ZUUR et al, 2009). Além dessa premissa, a protrusão radicular é um fenômeno biológico que pode ou não ocorrer, sendo assim é uma variável aleatória Y discreta e de natureza binária, podendo assumir valores $Y=1$ ou $Y=0$, com função de distribuição de probabilidades binomial com parâmetro m , e probabilidade de

ocorrência de um evento π , ou seja $Y \sim \text{Binomial}(m, \pi)$ (ONOFRI; GRESTA; TEI, 2010).

Diante das limitações impostas pela condição de normalidade da variável respostas em modelos de regressão, foram propostos por Nelder e Wedderburn (1972), os modelos lineares generalizados (GLM), que têm como característica principal a flexibilidade de aplicação a dados em que a variável resposta possua os mais diversificados tipos de distribuição de probabilidade. Segundo Nelder e Wedderburn (1972), os GLMs são formados por três componentes;

O componente aleatório, que corresponde às variáveis respostas do modelo, sendo $Y = y_1, \dots, y_n$, observações independentes as quais cada uma delas possua a mesma distribuição de probabilidade pertencendo à família de distribuição exponencial, podendo ser escrita da seguinte forma:

$$f(y|\theta\phi) = \exp\left\{\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi)\right\} \quad (1)$$

Onde θ é o parâmetro de localização e ϕ o parâmetro de dispersão, $a(\cdot)$, $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ são funções conhecidas reais.

O componente sistemático, que refere-se à estrutura básica do preditor linear comum ao modelo clássico de regressão:

$$\eta_i = \sum_{j=1}^n \beta_j x_{ij} \quad i=1, \dots, n \quad (2)$$

Sendo β o vetor dos parâmetros associados à matriz de covariáveis X .

E o último componente se refere uma função de ligação que une o componente sistemático ao componente aleatório, ou seja, $\eta = g(\mu)$ em que μ é o valor esperado para o preditor linear $\mu = E(Y) = X\beta$, e $g(\mu)$ é uma função de ligação. A escolha da função de ligação deve ser feita de acordo com tipo de distribuição da variável resposta. Segundo Demétrio (2002), em modelos de regressão logística, a escolha de função de ligação dever ser feita de modo que satisfaça a condição de converter em valores reais o intervalo de 0 e 1 da variável resposta. Para satisfazer essa condição, são utilizadas funções de ligação como Probit, Logit e Cauchy (SANTOS et al., 2019).

A função Probit foi inicialmente proposta por Bliss (1934), com o intuito de encontrar pesticidas eficientes para o controle de pragas da uva, ele inferiu que havia uma relação sigmoide entre a resposta e a dose aplicada de inseticida, e aplicou a função probit com o intuito de linearizar a curva sigmoide da relação dose-resposta (RAZZAGHI, 2013). Desde então, muitos pesquisadores têm utilizado o método dos mínimos quadrados ordinários para estimar os parâmetros do modelo de regressão com o uso da função Probit, no entanto essa abordagem nem sempre é eficiente para que os dados de germinação alcancem a linearidade, podendo resultar em estimativas errôneas dos parâmetros, e interpretação equivocada dos resultados (DAIBES; CARDOSO, 2018).

Segundo Casella e Berger (2010), em modelos de regressão não lineares, não há uma conexão direta entre a variável dependente Y , e o componente sistemático $(\beta_0 + \beta_1 x_i)$, sendo assim o método dos mínimos quadrados não é mais uma opção para estimação dos parâmetros. O termo Probit significa unidade de probabilidade (CRAMER, 2003), no qual é dada pela função inversa de distribuição de probabilidade normal padrão de acordo com Razzaghi (2013):

$$p_i = \Phi(\beta_0 + \beta_1 x_i) \quad (3)$$

$$\Phi^{-1} p_i = \beta_0 + \beta_1 x_i \quad (4)$$

Onde:

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (5)$$

Em que $p_i = P(Y_i=1|X=x_i)$, sendo a probabilidade em que $Y=1$ em qualquer nível da covariável X .

Os primeiros trabalhos utilizando o modelo Logit, em estatística e epidemiologia foram feitos por volta de 1950 e 1960 (CRAMER, 2003). Em modelos de regressão logística, a variável Y é binária, portanto o $E(Y)=\mu=p$ em que p representa a probabilidade de sucesso de um determinado evento, no caso a germinação, podendo ser escrito como $P(Y_i=1|X=x_i) = p_i$, sendo a probabilidade da semente não germinar dada por $P(Y_i=0|X=x_i) = 1 - p_i$, em que a função logit é dada

pelo logaritmo da razão de chances entre a ocorrência da germinação e a não ocorrência da germinação através da seguinte expressão (PINO, 2007):

$$\text{Log} \left(\frac{p_i}{1-p_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 x_i \quad (6)$$

$$p_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_i}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta_0 + \beta_1 x_i}} \quad (7)$$

A função Cauchy, que recebe o nome do matemático Augustin-louis Cauchy, foi primeiramente utilizada no campo da física, pois descreve um determinado tipo de oscilador (SANTOS et al. 2019). É expressa pela seguinte função:

$$\text{tg} \left[\pi \left(p_i - \frac{1}{2} \right) \right] = \beta_0 + \beta_1 x_i \quad (8)$$

$$p_i = \frac{1}{\pi} \arctg(\beta_0 + \beta_1 x_i) + \frac{1}{2} \quad (9)$$

As funções de ligação Probiti, Logit e Cauchy, se assemelham em relação à característica sigmoide, e a simetria em torno do ponto 0, porém diferem no peso de suas caldas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar oito acessos de mamoneira advindos do Acre, com relação à resistência ao mofo cinzento, qualidade fisiológica e sanitária de sementes, assim como avaliar a função de ligação que melhor se ajusta à modelagem da curva de protrusão ao longo do tempo em sementes de mamona, por modelos lineares generalizados.

CAPÍTULO 1
MODELOS LINEARES GENERALIZADOS PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO
DE PROTRUSÃO RADICULAR EM *Ricinus comunnis*

RESUMO

Para verificar a qualidade fisiológica de um lote de sementes são utilizados testes como o tempo para a protrusão radicular, onde verifica-se o tempo para 25, 50 e 75% das sementes do lote emitirem a raiz primária (T25, T50 e T75). A avaliação dessas variáveis é realizada por modelos de regressão linear, porém os modelos clássicos partem do pressuposto de que a variável dependente Y possua distribuição de probabilidade normal, sendo a protrusão radicular uma variável de distribuição binomial, onde Y pode assumir valores entre 0 e 1 (protrusão ou não). A utilização de Modelos Lineares Generalizados (GLMs) é recomendada, uma vez que estes têm flexibilidade em relação a distribuição de probabilidade da variável resposta. O objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade do ajuste de modelos lineares generalizados para dados de protrusão radicular de sementes de mamona, utilizando as funções de ligação de Probit, Logit e Cauchy. Foram utilizados 8 acessos de sementes de mamona, cultivadas no município de Botucatu de sementes advindas do Acre. O teste de protrusão radicular da mamona, foi realizado com contagens de 6, 12 e 24 horas durante 14 dias para os 8 acessos, com 4 repetições. Os resultados obtidos foram verificados quanto a normalidade, posteriormente ajustados por modelos lineares generalizados para as funções de ligação de Probit, Logit e Cauchy. Estimou-se os parâmetros T25, T50, T75, e foram comparados quanto ao Intervalo, *Deviance* e Critério de informação de Akaike (AIC). A função de ligação Cauchy foi a que demonstrou maior robustez.

Palavras Chave: Regressão linear. Não normalidade. Protrusão. Acurácia.

GENERALIZED LINEAR MODELS FOR DETERMINING RADICULAR PROTRUSION TIME IN *Ricinus communis*

ABSTRACT

To verify the physiological quality of a seed batch, tests are used such as the time for root protrusion, where the time for 25%, 50% and 75% of the seeds in the batch to emit the primary root (T25, T50 and T75) is verified. The evaluation of these parameters is performed by linear regression models, however the classic models assume that the dependent variable Y has a normal probability distribution, with root protrusion being a binomial distribution variable, where Y can assume values between 0 and 1 (protrusion or not). The use of Generalized Linear Models (GLMs) is recommended, once they have flexibility in relation to the probability distribution of the response variable. The objective of this study was to evaluate the fit quality of generalized linear models for castor bean protrusion data, using the Probit, Logit and Cauchy linking functions. Eight accesses of castor seeds were used, grown in the city of Botucatu for seeds from Acre. The castor root protrusion test was performed with counts of 6, 12 and 24 hours for 14 days for the 8 accesses, with 4 repetitions. The results obtained were verified for normality, subsequently adjusted by generalized linear models for the Probit, Logit and Cauchy linking functions. The parameters T25, T50, T75 were estimated and compared regarding the Interval, Deviance and Akaike information criteria (AIC). Cauchy linking function showed the greatest robustness.

Keywords: Linear regression. Non-normality. Protrusion. Accuracy

1.1 INTRODUÇÃO

Ricinus communis L., popularmente conhecida como mamoneira, é uma cultura oleaginosa em que suas sementes possuem em média 50% de seu peso em óleo, ampla utilização em diversas aplicações tecnológicas, sendo de grande importância socioeconômica, principalmente em regiões semiáridas do Brasil, onde a exploração desta cultura é feita pela agricultura familiar. O Brasil obteve o título de maior produtor mundial de mamona entre os anos de 1960 a 1980. A partir desse período, a Índia e China passaram a liderar a produção dessa oleaginosa. Atualmente o Brasil se encontra como terceiro maior produtor de mamona do mundo (FERREIRA e MELO, 2019).

Para a produtividade agrícola de qualquer cultura, a semente é considerada o insumo agrícola mais importante. Não há dúvida de que a elevação da produção agrícola está intimamente condicionada pela utilização de sementes de qualidade, mesmo para culturas cujo meio de propagação seja vegetativo. Ainda assim a qualidade de sementes é essencial para o sucesso de programas de melhoramento genético (MARCOS FILHO, 2015).

Entre os componentes que determinam a qualidade das sementes para a obtenção de altas produtividades de plantas cultivadas, está a qualidade fisiológica da semente, sendo representada pela germinação e vigor (MARCOS FILHO, 2015). Muitos testes têm sido propostos para avaliar a capacidade de germinar e o vigor de um lote de sementes. Alguns desses ensaios tem como objetivo avaliar variáveis como T50, que representa o tempo para que 50% das sementes emitirem a raiz primária. Essas variáveis podem auxiliar na representação sobre conhecimento do estabelecimento do estande de um determinado lote de sementes no campo (JOOSEN et al., 2010).

Segundo Matthews et al. (2012), curvas de protrusão radicular ao longo do tempo, podem representar com maior precisão o comportamento de lotes de sementes, no campo, do que os testes de taxa de germinação, pois em muitos casos lotes com semelhantes taxas de germinação têm diferentes tempos de início de germinação, resultando em um grau maior de deterioração da semente.

Para o estudo da protrusão radicular em função do tempo são utilizados modelos estatísticos de regressão (JOOSEN et al., 2010). No entanto, os modelos de regressão linear partem do pressuposto de que a variável dependente, que seja

uma variável aleatória contínua e que possua distribuição de probabilidade normal, tal qual a germinação e protrusão não atendem a essas premissas, sendo está uma variável aleatória discreta, com distribuição de probabilidade binomial, já que as sementes podem ou não emitirem a radícula.

Uma das maneiras utilizadas para se avaliar a taxa de germinação ao longo do tempo, é a transformação das porcentagens de germinação através da função Probit, com o intuito de normalizar a variável resposta, no entanto essa abordagem pode acarretar estimativas enviesadas dos parâmetros e consequentemente da taxa de germinação (DAIBES; CARDOSO, 2018).

Diante das limitações apresentadas pelos modelos lineares convencionais, foi proposto por Nelder e Wedderbur (1972) os modelos lineares generalizados (GLMs) como uma extensão de modelos lineares em que a variável dependente não permaneça restrita às condições de normalidade e, podendo essa possuir distribuição de probabilidade binomial, gama ou poisson etc. Os GLMs são caracterizados através de três componentes, o componente sistemático, o componente aleatório e uma função de ligação que une o componente sistemático ao componente aleatório.

O componente aleatório pressupõe que a variável resposta possua distribuição de probabilidade que pertença a família exponencial tal qual possa ser escrita da seguinte forma Equação 1;

$$f(y|\theta\phi) = \exp\left\{\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi)\right\} \quad (1)$$

Onde θ é o parâmetro de localização e ϕ o parâmetro de dispersão, $a(\cdot)$, $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ são funções conhecidas reais.

O componente sistemático diz respeito ao conjunto de variáveis independentes e seus parâmetros, $y = \Sigma \beta x$ comum a qualquer modelo linear.

O terceiro componente refere-se à função de ligação que une a variável dependente ao preditor linear, que deve ser escolhida de acordo com o tipo de distribuição de probabilidades da variável dependente.

Para condição da distribuição de probabilidade binomial como o caso da germinação são geralmente utilizadas funções de ligação como Probit e Logit entre outras (GUNDUS; FOKOUÉ, 2017; MCCULLAGH; NELDER 1989). Sendo assim, o

objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade do ajuste de modelos lineares generalizados para dados de protrusão de mamona, utilizando as funções de ligação de Probit, Logit e Cauchy.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), localizado no município de Botucatu-SP (Latitude 22° 50' 48" S, longitude 48° 26' 06" W, Altitude 817,74 m).

A produção das sementes foi realizada em um experimento com delineamento em blocos inteiramente ao acaso com 4 repetições, instalado na Fazenda experimental da FCA/UNESP, em que se utilizaram sementes de oito acessos espontâneos de mamona provenientes do município de Cruzeiro do Sul (Latitude 7° 39' 54" S, longitude 72° 39' 1" W, Altitude 193 m), Acre.

As sementes de mamona foram coletadas após a completa maturação fisiológica, antes da abertura total dos frutos. Foram realizadas a remoção da carúncula (BRASIL, 2009) e raspagens das sementes para a quebra da dormência.

A análise de protrusão radicular foi realizada para os oito acessos com quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram acondicionadas em placas acrílicas, contendo papel germitest umedecidos com massa de água 2,5 vezes a massa do papel e mantidas a 25 °C. As contagens foram realizadas em intervalos de tempo de 6, 12 e 24 horas, até completar 14 dias, quando foi feita a contagem final, adotando-se como critério a protrusão da raiz primária ≥ 2 mm (BRASIL, 2009).

1.2.1 Modelos de regressão binomiais

Foram utilizados para avaliação da proporção de sementes que tiveram protrusão radicular ao longo do tempo os modelos lineares generalizados, propostos por Nelder e Wedderburn (1972), uma vez que a variável resposta, ou seja, a taxa de sementes germinadas apresenta distribuição de probabilidade binomial, sendo essa uma variável aleatória Y_i $i = 1, \dots, n$, com parâmetro m_i , e probabilidade de ocorrência de um evento π_i . Ou seja, $Y_i \sim \text{Binomial}(m_i, \pi_i)$. As Funções de Probit,

Logit e Cauchy foram utilizadas e estão expostas na (Tabela 1) em sua forma canônica.

Tabela 1 - Funções de ligação e suas respectivas equações

Modelo	Função de ligação	Equação
Probit	$F(p) = \Phi^{-1}(p)$	2
Logit	$F(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$	3
Cauchy	$F(p) = \tan\left(\pi\left(p - \frac{1}{2}\right)\right)$	4

Para estimação dos parâmetros β associados às variáveis explicativas do regressor linear $Y = \Sigma \beta x$ foi utilizado o método da máxima verossimilhança.

1.2.2 Tempos de protrusão radicular

Foram calculados os tempos de protrusão radicular para 25, 50 e 75% da quantidade de sementes com protrusão (T_{25} , T_{50} e T_{75}), para cada uma das funções de ligação utilizadas nesta análise, foi verificada a concordância dessas estimativas com os Intervalos Experimentais (IE) obtidos no presente ensaio. Os tempos de germinação foram calculados de acordo com Gündüz e Fokoué (2017), pelas seguintes expressões;

$$Probit(\hat{\theta}) = \frac{1}{\hat{\beta}_1} [\Phi^{-1}(p) - \hat{\beta}_0] \quad (5)$$

$$Logit(\hat{\theta}) = \frac{1}{\hat{\beta}_1} [\log\left(\frac{p}{1-p}\right) - \hat{\beta}_0] \quad (6)$$

$$Cauchy(\hat{\theta}) = \frac{1}{\hat{\beta}_1} [\tan^{-1}(p) - \frac{\hat{\beta}_0}{2}] \quad (7)$$

Calculou-se a Uniformidade (U) da protrusão Radicular pela Equação (8):

$$U = T_{75} - T_{25} \quad (8)$$

Onde T_{25} e T_{75} correspondem ao tempo em que 25 e 75% das sementes emitiram a radícula em determinado lote respectivamente.

1.2.3 Critérios de Seleção

Após a estimação dos parâmetros β_0 e β_1 , foi realizada a verificação do ajuste a partir da deviance e do Critério de Informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974).

Considera-se deviance uma medida de distâncias entre os valores ajustados e os valores observados, com um critério mínimo tolerável como um ajuste de qualidade. Essa medida utiliza a função log da taxa de verossimilhança que, no caso da distribuição binomial, é dada pela seguinte função (Equação 9):

$$D_b = 2 \sum_{i=1}^n [y_i \log\left(\frac{y_i}{\hat{\mu}_i}\right) + (m_i - y_i) \log\left(\frac{m_i - y_i}{m_i - \hat{\mu}_i}\right)] \quad (9)$$

Onde y representa os valores observados, m representa o tamanho da amostra, e μ os parâmetros estimados no modelo de interesse. Valores para Deviance que não estejam próximos de um são um forte indicativo de um modelo mal ajustado (AMORIN, 2019).

O Critério de informação de Akaike (Equação 10) apresenta como critério de seleção o menor valor apresentado pelos modelos e é determinado pela seguinte expressão (EMILIANO; VIVANCO; MENEZES, 2014).

$$AIC = -2\log L + 2p \quad (10)$$

Em que P representa o número de parâmetros estimados e L o valor da razão de máxima verossimilhança.

1.2.4 Análise estatística e aspectos computacionais

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov – Smirnov inicialmente, ao nível de 5% de significância. Foi utilizado o teste de Análise de Variância e complementado com Tukey 5% para os parâmetros de Uniformidade da Protrusão Radicular.

O ajuste dos modelos de regressão e cálculos de tempos de protrusão, foram realizados pelo software R. A avaliação da normalidade e análise de variância com o

teste de médias foram realizados pelo software MINITAB, assim como a confecção dos gráficos do presente trabalho.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As protrusões radiculares acumuladas obtidas pelos oito acessos de mamona são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Protrusão radicular acumulada no tempo de sementes de mamona para os oito acessos estudados (continua)

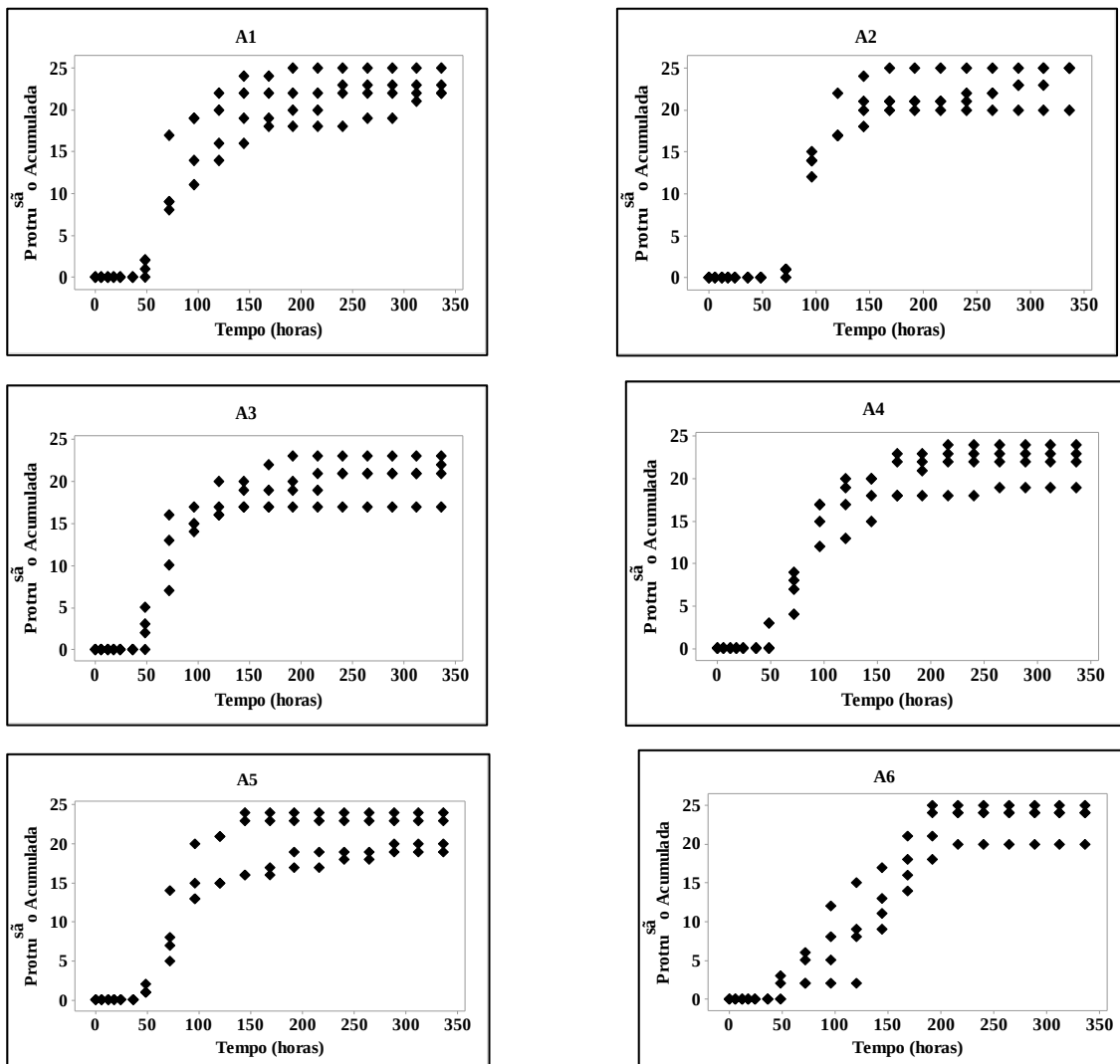
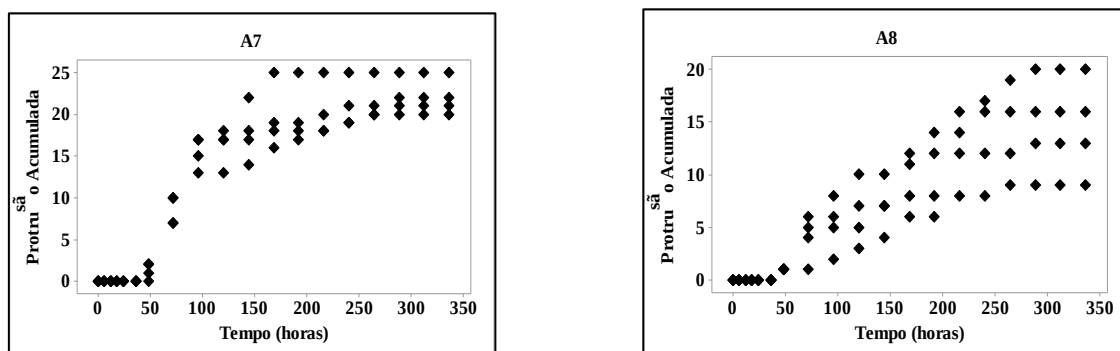


Figura 1 – Protrusão radicular acumulada no tempo de sementes de mamona para os oito acessos estudados (conclusão)



Embora seja recomendada a escarificação de sementes de mamona além da remoção da carúncula (MENDES et al., 2009), foi possível observar a germinação lenta e alguns sem a completa protrusão do lote. A irregularidade na emergência das plântulas de mamona em campo e também em laboratório tem sido atribuída à dificuldade de absorção de água pelas sementes, devido à espessura e rigidez do tegumento ou a uma possível dormência pós-colheita (LAGO et al., 1979), representada pela dureza tegumentar.

Os dados obtidos foram ajustados e os parâmetros do ajuste dos modelos para as funções de ligação Probit, Logit e Cauchy são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros dos modelos de regressão (β_0 , β_1), Deviance e Critério de Informação de Akaike (AIC) (continua)

Acessos	Função	β_0	β_1	p<	Deviance	AIC
A1	Probit	-1,91168	0,01788	0.00001***	4,0	384,3
	Logit	-3,50940	0,03478	0.00001***	3,6	352,6
	Cauchy	-6,14263	0,07122	0.00001***	3,0	315,2
A2	Probit	-2,16003	0,01769	0.00001***	4,2	396,6
	Logit	-4.04279	0.03491	0.00001***	3,7	360.9
	Cauchy	-9.13125	0.09320	0.00001***	2,7	283,2
A3	Probit	-1,99641	0,02065	0.00001***	2,8	288,7
	Logit	-3,70904	0,04060	0.00001***	2,4	259,6

Tabela 2 - Parâmetros dos modelos de regressão (β_0, β_1), Deviance e Critério de Informação de Akaike (AIC) (conclusão)

	Cauchy	-6,80664	0,09025	0.00001***	3,0	315,2
A4	Probit	-2,54627	0,02522	0.00001***	1,5	188,9
	Logit	-4,62261	0,04713	0.00001***	1,5	185,3
	Cauchy	-8,70803	0,09673	0.00001***	2,0	220,2
A5	Probit	-2,54627	0,02522	0.00001***	2,3	249,6
	Logit	-4,28224	0,04576	0.00001***	1,9	222,1
	Cauchy	-8,28799	0,09793	0.00001***	1,8	214,1
A6	Probit	-2,95419	0,02276	0.00001***	1,2	169,6
	Logit	-5,30110	0,04056	0.00001***	1,4	182,0
	Cauchy	-8,53132	0,06315	0.00001***	2,7	281,5
A7	Probit	-2,07538	0,01908	0.00001***	2,3	270,2
	Logit	-3,69855	0,03547	0.00001***	2,2	261,2
	Cauchy	-6,11571	0,06817	0.00001***	2,3	269,5
A8	Probit	-2,25465	0,01578	0.00001***	1,2	191,3
	Logit	-3,90195	0,02743	0.00001***	1,4	201,7
	Cauchy	-4,93683	0,03489	0.00001***	2,2	263,4

Segundo Harrison (2014), valores para deviance maiores que 1 indicam superdispersão e valores menores que 1 indicam subdispersão, uma vez que o parâmetro de dispersão em uma distribuição binomial é 1. Foi possível observar a ocorrência de superdispersão, em todos os tratamentos e funções de ligação utilizadas na presente análise pelo critério deviance. O menor valor do parâmetro deviance (1,2) foi observado pela função Probit nos acessos A8 e A6, e os maiores

valores para esse mesmo parâmetro também foram apresentados pela função Probit pelos acessos A2 e A1 com valores de 4,2 e 4 respectivamente (Tabela 2).

A superdispersão pode ser definida como um fenômeno em que a variância da variável resposta, apresenta-se superior a variância tolerada pelo modelo adotado, o que pode levar a estimativas tendenciosas dos parâmetros e dos erros padrões, consequentemente falsas conclusões sobre a relação entre as variáveis estudadas (HARRISON, 2014). Dunn e Smyth (2018) atribuem a superdispersão a probabilidade em que μ_i não seja constante entre as observações mesmo quando as variáveis explanatórias permanecem inalteradas, outra em que as observações de y_i , não sejam independentes.

A superdispersão foi constatada por Amorim (2019), ao avaliar a germinação ao longo do tempo de cinco cultivares de milho e soja, usando modelos lineares generalizados com as funções de ligação Probit, Logit e Complemento Log-Log, onde os ajustes que apresentaram os menores valores do critério deviance foram os obtidos pela função Logit, por outro lado a função Complemento Log-Log, apresentou os maiores desvios.

O parâmetro deviance demonstrou concordância com o critério Akaike em todos os tratamentos, sendo que o acesso A1 apresentou o ajuste com menor valor de dispersão obtidos pela função Cauchy e maior valor de dispersão por Probit, esse mesmo padrão de dispersão pode ser observado em relação aos acessos A2 e A5. Os acessos A3, A4, A6 e A8 apresentaram os menores valores de dispersão pela função Probit e maiores pela função Cauchy, sendo que apenas para os acessos A6 e A8 esse valor apresenta grande discrepância.

Pode-se observar que esses acessos apresentaram lentidão ao atingir a germinação máxima, como também maior variabilidade nas repetições (Figura 1), características de uma semente com baixa qualidade fisiológica e devido à própria rigidez tegumentar observada em sementes de mamona. Esse fato pode ter influenciado no ajuste da função Cauchy com relação a apresentar uma maior deviance. A função Logit apresentou menor dispersão pelo critério Deviance no Acesso A3 e demonstrou o menor valor de dispersão pelo critério AIC no tratamento A4. Isso demonstra que não existe uma melhor função de ligação pré-definida para o ajuste de um modelo de regressão linear generalizado.

Santos et al. (2019) ressaltam que não existe apenas um modelo que se ajuste melhor à realidade, em outras palavras que tenha uma menor perda de

informação para explicar com mais precisão o fenômeno de estudo. Sendo assim se torna necessária a busca do melhor modelo para cada espécie em estudo e parâmetro a ser explorado.

Após o ajuste dos modelos de regressão foram realizadas as estimativas para os tempos de germinação (T25, T50 e T75) (Tabela 3). Com relação às estimativas de T50 a função Cauchy foi a que apresentou maior número de estimativas dentro de intervalo experimental (IE), com 75% de acertos. A função Cauchy somente apresentou valores de T50 fora de IE, em relação aos acessos A2 e A8, assim como nenhuma das outras funções de ligação utilizadas foi capaz de estimar valores de T50 dentro de IE para esses tratamentos. O acesso A6 foi o único em que todas as estimativas de T50 estavam dentro de IE para todas as funções de ligação.

As funções de ligação Logit e Probit, demonstraram apenas 37,5% e 12,5% de acertos para T50, respectivamente. Amorim (2019), ao estimar o T50 de dez cultivares de milho e soja pelas funções de ligação Probit, Logit e Complemento Log-Log, selecionou a função Logit, pois todas as estimativas de T50 para esta função estavam dentro de IE. Santos et al (2019), ao avaliar a viabilidade de dez cultivares de soja por glm, estimaram a variável P50 (perda da viabilidade de 50% das sementes), pelas funções Probit, Logit e Cauchy, e constataram que 90% das estimativas feitas pela função Cauchy-SSF estavam dentro de IE, 60% das estimativas feitas pela função Probit estavam dentro de IE, e a função Logit demonstrou 70% de acertos para o IE.

Em relação ao parâmetro T25 as funções Probit e Logit demonstraram o maior número de acertos de IE sendo de 50% de acertos contra 25% para a função Cauchy. No entanto para o parâmetro T75 a função Cauchy apresentou a maior quantidade de acertos 62,5% contra quatro estimativas dentro de IE para a função Logit, e a apenas um para a função Probit.

Tabela 3 - Tempos de protrusão radicular T50 (IE), T25 (IE) e T75 (IE) obtidos experimentalmente, T50, T25 e T75 estimados e Uniformidade obtidos para os 8 acessos de mamona calculados pelas funções de ligação de Probit, Logit e Cauchy

Acess	Função	T50 (IE)	T50	T25 (IE)	T25	T75 (IE)	T75	U7525
A1	Probit		106,92		69,19		144,64	
	Logit	72 a 96h	100,89	48a 72h	69,31	96 a 120h	132,48	31,1
	Cauchy		86,25		72,21		100,29	
A2	Probit		122,08		83,98		160,21	
	Logit	72 a 96h	115,77	72 a 96h	84,31	96 a 120h	147,24	24,39
	Cauchy		97,973		87.24		108.70	
A3	Probit		96,68		64.01		129.34	
	Logit	72 a 96h	91,35	48 a 72h	64.29	96 a 120h	118.41	54,4
	Cauchy		75,41		64.33		86.49	
A4	Probit		100,96		74.21		127.70	
	Logit	72 a 96h	98,09	48 a 72h	74.77	96 a 120h	121.40	26,15
	Cauchy		90,02		79.68		100.36	
A5	Probit		98,26		68.98		127.53	
	Logit	72 a 96h	93,58	48 a 72h	69,57	96 a 120h	157.79	25,86
	Cauchy		84,63		74.42		94.84	
A6	Probit		129,82		100.18		159.46	
	Logit	120 a 144h	130,70	72 a 96h	103.61	168 a 192h	157.79	59,28
	Cauchy		135,10		119.26		150.94	
A7	Probit		108,76		73.41		144.10	
	Logit	72 a 96h	104,27	48 a 72h	73.30	96 a 120h	135.25	30,97
	Cauchy		89,71		75.04		104.38	
A8	Probit		142,89		100.14		185.6	
	Logit	144 a 168	142,27	48 a 72h	102.21	168 a 192h	182.33	70
	Cauchy		141,48		112.82		170.14	

Nota: Os valores em negrito se encontram dentro do intervalo experimental (IE).

Portanto, pode-se observar que a função Cauchy demonstrou maior acurácia para os valores de T50, região em que se encontra o ponto de inflexão da curva sigmoide simétrica (Tabela 4). Segundo Pino (2014), as distribuições Probit, Logit e Cauchy têm como característica similar o formato sigmoide e simetria em relação ao

ponto de inflexão, porém diferem nos pesos de suas caudas, sendo uma cauda considerada pesada quando variância se encontra muito distante em relação a média, o que pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Tabela padrão para o cálculo das probabilidades de germinação obtido pelas funções Probit, Logit e Cauchy (continua)

	Probabilidade	Probit	Logit	Cauchy
% germinação	$p=(\%germinação/100)$	$\Phi^{-1}(p)$	$\log(p/1-p)$	$\tan[\pi(p-1/2)]$
1	0,01	-2,32635	-1,99564	-31,8205
2	0,02	-2,05375	-1,6902	-15,8945
3	0,03	-1,88079	-1,50965	-10,5789
4	0,04	-1,75069	-1,38021	-7,91582
5	0,05	-1,64485	-1,27875	-6,31375
6	0,06	-1,55477	-1,19498	-5,24218
7	0,07	-1,47579	-1,12338	-4,47374
8	0,08	-1,40507	-1,0607	-3,89474
9	0,09	-1,34076	-1,0048	-3,44202
10	0,1	-1,28155	-0,95424	-3,07768
16	0,16	-0,99446	-0,72016	-1,81899
20	0,2	-0,84162	-0,60206	-1,37638
25	0,25	-0,67449	-0,47712	-1
30	0,3	-0,5244	-0,36798	-0,72654
40	0,4	-0,25335	-0,17609	-0,32492
50	0,5	0	0	0
60	0,6	0,253347	0,176091	0,32492
70	0,7	0,524401	0,367977	0,726543
80	0,8	0,841621	0,60206	1,376382
84	0,84	0,994458	0,720159	1,818993
90	0,9	1,281552	0,954243	3,077684
91	0,91	1,340755	1,004799	3,442023
92	0,92	1,405072	1,060698	3,894743

Tabela 4 - Tabela padrão para o cálculo das probabilidades de germinação obtido pelas funções Probit, Logit e Cauchy (conclusão)

93	0,93	1,475791	1,123385	4,473743
94	0,94	1,554774	1,194977	5,242184
95	0,95	1,644854	1,278754	6,313752
96	0,96	1,750686	1,380211	7,915815
97	0,97	1,880794	1,50965	10,57889
98	0,98	2,053749	1,690196	15,89454
99	0,99	2,326348	1,995635	31,82052

É possível observar que à medida que as probabilidades de germinação se aproximam de valores extremos há uma variação mais ampla apresentada pela função Cauchy, o que possivelmente justifique as estimativas dos valores de T25 e T75 apresentem ajustes com menor acurácia.

Como a função Cauchy foi a que melhor se ajustou os dados para as estimativas de T50, foi realizada a análise de comparações de médias (Tabela 5) entre os acessos dessa estimativa.

Tabela 5 - Teste de médias de T50 e uniformidade U7525 de oito acessos de mamona obtidos pela função Cauchy.

Tratamento	T50 (h)	U7525 (h)
A1	89,45c	38,00ab
A2	103,04abc	46,40b
A3	78,52c	24,04b
A4	89,08c	25,13b
A5	86,37c	25,27b
A6	132,60ab	44,74ab
A7	90,11bc	43,83ab
A8	139,73a	66,80a

Nota: médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Pode-se observar que não houve diferença significativa entre os acessos A2, A6 e A8. Os acessos A3, A5, A4, e A1 foram os que apresentaram menores valores para o T50, portanto uma germinação mais rápida, estes acessos foram os que diferiram dos acessos A6 e A8.

Quanto a uniformidade de germinação U7525, os acessos A2, A3, A4 e A5, demonstraram ser os mais uniformes (menores valores), não diferindo significativamente entre si, mais diferindo do acesso A8 que apresentou o maior valor de U7525, e, portanto, a maior desuniformidade.

Segundo Joosen et al (2010), lotes de semente que possuem menores valores de T50, possuem maior qualidade fisiológica, pois estão menos propensos ao processo de deterioração, o mesmo pode ser dito para a uniformidade de germinação U7525, pois valores menores para esse parâmetro demonstram que um lote obteve uma maior quantidade de sementes germinadas em um período de tempo mais curto, o que pode ser observado na Figura 1, os acessos que demonstraram maior valor de U7525 possuem menor declividade ao redor do ponto de inflexão da curva de germinação acumulada. Sendo assim, pode se considerar que os acessos A3, A4 e A5, possuem maior vantagem em termos de estabelecimento de estande, pois apresentaram o menor tempo de germinação T50 e menor valor para uniformidade de germinação.

A escolha de um melhor modelo, no que se refere à função de ligação utilizada em um GLM binomial, é um critério que deve ser avaliado a nível de um estudo de casos, não existe um melhor modelo, e sim um modelo que represente com mais precisão o comportamento dos dados.

1.4. CONCLUSÃO

Os acessos que apresentam qualidade fisiológica superior, no presente estudo, em termos de protrusão radicular e uniformidade de germinação foram os acessos A3, A4 e A5, e os que possuem os menores tempos de protrusão radicular e consequente qualidade superior em relação aos acessos A6 e A8 nesse aspecto.

O uso de modelos lineares generalizados para estimação dos parâmetros regressão no estudo da germinação ao longo do tempo de acessos de mamoneira, é eficiente para esse tipo de avaliação.

A função de ligação Cauchy foi a que demonstrou maior robustez.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEE Transactions On Automatic Control**, v.19, n.6, p.716-723, 1974.

AMORIM, J. D. **Modelos não lineares e lineares generalizados para avaliação da germinação de sementes de soja e milho**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu. 2019.

DAIBES, L. F.; CARDOSO, V. J. M. Seed germination of a South American forest tree described by linear thermal time models. **Journal of Thermal Biology**, v. 76, p.156-164, 2018.

DUNN P.K; SMYTH G.K. Chapter 9: Models for Proportions: Binomial GLMs. In: **Generalized Linear Models With Examples in R**. Springer Texts in Statistics. Springer, New York, NY. 2018.

EMILIANO, P. C.; VIVANCO, M. J. F.; MENEZES, F. S. Information criteria: how do they behave in different models? **Computational Statistics & Data Analysis, Cambridge**, v. 69, p. 141-153, 2014.

FERREIRA, S. R; MELO, A. L. Análise das fontes de crescimento do valor bruto da produção da mamona no período de 1990 a 2016. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá. v. 12, n. 2, p. 487-513, abr./jun. 2019.

GÜNDÜZ, N.; FOKOUÉ, E. On the predictive properties of binary link functions. **Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics**, v. 66, n. 1, p. 1-18, 2017.

HARRISON, X. A. Using observation-level random effects to model overdispersion in count data in ecology and evolution. **PeerJ**, v. 2, p. e616, 2014.

JOOSEN, R. V. L.; KODDE, J.; WILLEMS, L. A. J.; LIGTERINK, W. Germinator: A software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. **Plant Journal**, v. 62, n. 1, p. 148–159, 2010.

LAGO, A.A.; ZINK, E.; RAZERA, L.F.; BANZATTO, N.V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia**, v. 38, n. 1, p. 41-44, 1979.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015, 659 p.

MATTHEWS, S.; NOLI, E.; DEMIR, I.; KHAJEH-HOSSEINI, M.; WAGNER, M.-H. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization. **Seed Science Research**, v.22, p. S69-S73, 2012.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized linear models**, Londres: Chapman and hall, 1989. 511p.

MENDES, R. C.; DIAS, D. C. F. S.; PEREIRA, M. D.; BERGER, P. G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.)¹. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 31, n. 2, p.187-194, 2009.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society A**, Hoboken, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972

PINO, F. A. A questão da não normalidade: uma revisão. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; GIANDONI, V. C. R.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Cauchy, Cauchy–Santos–Sartori–Faria, Logit, and Probit Functions for Estimating Seed Longevity in Soybean. **Agronomy Journal**. v. 111, n.6, p. 1-11, 2019.

CAPÍTULO 2

REAÇÃO AO MOFO CINZENTO (*AMPHOBOTRYS RICINI*) E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE ACESSOS DE MAMONEIRA

RESUMO

O mofo cinzento causado por *Amphobotrys rinici*, uma das principais doenças da mamoneira, não havendo genótipos resistentes disponíveis, outro fator de grande importância para o cultivo de mamoneira é a disponibilidade de sementes de qualidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar oito acessos de mamoneira, quanto a reação ao mofo cinzento e a qualidade fisiológica e sanitária de sementes. Os acessos de mamoneira foram semeados em outubro de 2018 e a coleta de sementes e frutos foi feita em março e abril de 2019. A avaliação da reação ao mofo cinzento foi realizada em ambiente controlado. O teste de sanidade de sementes foi realizado pelo método do papel-filtro ("blotter test"). A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, germinação a baixa temperatura e envelhecimento acelerado. De acordo com os resultados da avaliação de reação ao mofo cinzento, todos os acessos de mamoneira foram considerados suscetíveis a *A. ricini*. Houve incidência dos fungos *A. ricini*, *Fusarium* sp. e *Epicoccum* sp. em sementes de todos os acessos avaliados. Houve menor incidência de fungos dos gêneros *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp., *Nigrospora* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Aspergillus* sp.. Não houve diferença significativa entre os acessos de mamoneira para o teste de germinação, porém na primeira contagem, os acessos A3 e A5 apresentaram maiores quantidades de plântulas normais. Houve aumento do número de plântulas normais nos testes de germinação a baixa temperatura e envelhecimento acelerado em relação ao teste de germinação. No teste de germinação a baixa temperatura, o acesso A6 apresentou maior número de plântulas normais, porém no teste de envelhecimento acelerado o acesso A5 apresentou o maior número de plântulas normais. Levanta-se a hipótese de que os testes de vigor realizados no presente trabalho contribuíram para a superação da dormência presente nas sementes de mamoneira.

Palavras-chave: Resistência. *Amphobotrys ricini*. Germinação. dormência.

REACTION TO GRAY MOLD (*Amphobotrys ricini*) AND EVALUATION OF THE PHYSIOLOGICAL AND SANITARY QUALITY OF CASTOR BEAN ACCESSES

ABSTRACT

The gray mold caused by *Amphobotrys ricini*, one of the main diseases of castor bean, with no resistant genotypes available, another factor of great importance for the cultivation of castor bean is the availability of quality seeds. The objective of this study was to evaluate eight accesses of castor bean, regarding the reaction to gray mold and the physiological and sanitary quality of seeds. The accessions of castor bean were sown in October 2018 and the collection of seeds and fruits was made in March and April 2019. The evaluation of the reaction to gray mold was performed in a controlled environment. The seed health test was performed using the filter paper method ("blotter test"). The physiological quality of the seeds was evaluated by tests of germination, germination at low temperature and accelerated aging. According to the results of gray mold reaction evaluation, all accesses of castor bean were considered susceptible to *A. ricini*. There was an incidence of fungi *A. ricini*, *Fusarium* sp. and *Epicoccum* sp. in seeds from all evaluated accesses. There was a lower incidence of fungi of the genera *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp., *Nigrospora* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. and *Aspergillus* sp.. There was no significant difference between the accesses of castor bean for the germination test, however in the first count, the accesses A3 and A5 showed higher amounts of normal seedlings. There was an increase in the number of normal seedlings in the low temperature germination tests and accelerated aging in relation to the germination test. In the low temperature germination test, the A6 access showed the highest number of normal seedlings, however in the accelerated aging test the A5 access presented the highest number of normal seedlings. The hypothesis is raised that the vigor tests performed in the present work contributed to overcome the dormancy present in castor bean seeds.

Keywords: Resistance. *Amphobotrys ricini*. Germination. Dormancy.

2.1 INTRODUÇÃO

Ricinus communis L. é uma cultura oleaginosa, pertencente à família Euphorbiaceae, de grande potencial para diversas áreas tecnológicas, atribuindo-se tal potencial principalmente à quantidade de óleo contida na semente, que pode ter cerca de 50% do seu peso em óleo. Segundo dados da FAO (2019), os três maiores produtores mundiais de óleo de mamona, entre os anos de 1994 a 2016 foram Índia, China e Brasil, com produções médias de 1.130.991,3; 181.000 e 74.991,96 toneladas, respectivamente. Devido à sua grande variabilidade de uso, e o aumento da demanda mundial por biopolímeros, a importância do óleo de mamona tem aumentado significativamente nos últimos anos. Entre 2002 a 2011, o preço do óleo de mamona aumentou 152,64% e sua contribuição para economia mundial poderá chegar a 1,81 bilhões de dólares até 2020 (MUBOFU, 2016).

Diversas doenças causam grandes perdas de produtividade na cultura da mamoneira, entre as mais destrutivas está o mofo cinzento, causado pelo fungo *Amphobotrys ricini* (N.F. Buchw.). Hennebert (SOARES, 2012).

A doença é mais severa quando encontra condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento, com temperaturas em torno de 25°C e alta umidade relativa do ar (SOARES 2012). No Brasil não foram relatadas medidas de controle significativamente eficazes para o mofo cinzento, assim como não existem fungicidas registrados pelo MAPA, para a cultura (MASSOLA JUNIOR, 2016). O melhoramento genético está entre as alternativas mais promissoras para o controle de doenças em plantas cultivadas, no entanto, não há relatos de fontes de resistência significativa para o mofo cinzento da mamoneira (SOARES 2012).

Além do controle de doenças, outro fator de grande importância para garantir uma produtividade agrícola satisfatória, está o uso de sementes de qualidade. A qualidade de sementes é determinada por quatro fatores essenciais, sendo a qualidade fisiológica, a sanitária, a genética e a física. Segundo Marcos Filho (2015), a qualidade fisiológica de sementes está intimamente ligada ao vigor e à capacidade de germinar. A germinação pode ser definida, de acordo com Copeland e McDonald (1995), como a retomada do desenvolvimento embrionário, resultando na ruptura da cobertura da semente e emergência da plântula. Já o vigor das sementes, de acordo com a International Seed Testing Association - ISTA (1995), é

definido como o potencial máximo de desempenho e atividade da semente, que pode ser verificado durante a germinação ou emergência das plântulas.

Embora uma alta taxa de germinação seja característica apresentada por um lote de sementes com alto vigor, a avaliação da germinação não representa por si só, o vigor de um lote de sementes, diferentes lotes de sementes podem apresentar o mesmo potencial de germinação quando avaliados em ambiente controlado, porém apresentar diferença no estabelecimento do estande quando avaliados no campo, vale ressaltar que o vigor de um lote de sementes está intimamente associado ao grau de deterioração do mesmo (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Sendo assim se fazem necessários testes complementares ao teste de germinação, que possibilitem avaliar o potencial germinativo de um lote de sementes, quando submetidos a algum tipo de estresse ambiental (MILLER; MCDONALD, 1975).

Além do potencial fisiológico, a qualidade sanitária tem um papel fundamental na obtenção de sementes de qualidade. Fungos associados a sementes, podem influenciar na deterioração de sementes, resultando em menor vigor. Além disso, a semente pode funcionar como um veículo de disseminação do inóculo primário de uma epidemia no campo (PARISI et al., 2019).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de oito acessos de mamona ao mofo cinzento, bem como a qualidade fisiológica e sanitária desses acessos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O material vegetal utilizado no experimento, foi coletado aleatoriamente em oito diferentes localidades do município Cruzeiro do Sul/AC. Posteriormente à coleta, no dia 8 de outubro de 2018 foi instalado na Fazenda Experimental Lageado - Unesp FCA, localizada no município de Botucatu/SP, o experimento em blocos inteiramente ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições (Figura 2). O espaçamento utilizado foi 3 metros entre linhas e 1 metro entre plantas. A adubação e calagem foram realizadas de acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 6), seguindo as recomendações técnicas de Raij et al. (2001). Para a calagem, foram utilizados $2,68 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de calcário dolomítico e para adubação de semeadura,

250kg.ha⁻¹ da fórmula 4/14/8, 29,8 kg.ha⁻¹ de NH₄NO₃ e 27,7kg.ha⁻¹ de superfosfato simples CaH₂PO₄.

Figura 2 – Instalação do experimento em campo. (A e B) Divisão das parcelas; (C) Florescimento; (D) Frutificação



Tabela 6 - Resultados da análise da análise química de solo

Prof. (cm)	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³						
0-20	44,13	18,58	4,06	9,66	20,60	6,43	64,66	1,07
20-40	47,75	47,75	4,04	9,80	18,66	4,80	82,33	1,65

Nota: P; Fósforo, MO; matéria orgânica, pH; potencial de hidrogênio, K; Potássio, Ca; cálcio, Mg; magnésio, H+Al; hidrogênio e alumínio, S; enxofre.

2.2.1 Reação ao mofo cinzento

Os frutos de mamoneira dos oito acessos foram coletados entre os estágios fenológicos V e VI (GREENWOOD; BEWLEY, 1982), e então levados ao Laboratório de Patologia Florestal e Microbiologia do Solo, do Departamento de Proteção de

Vegetal pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu. Para avaliar a reação ao mofo cinzento foi a proposta por Soares, Nascimento e Araújo (2010).

2.2.2 Preparo dos Frutos

Os frutos foram colocados em bandejas plásticas com solução de álcool a 70% por um minuto para quebrar da tensão superficial do fruto de mamona e remoção da cera presente nos frutos. Posteriormente, receberam a solução de hipoclorito de sódio à 0,5% (agente esterilizante/sanitário) por um minuto, por último, foi feita a tríple lavagem em água destilada esterilizada por 1 minuto. Após assepsia, os frutos dos diferentes genótipos foram colocados para secagem dentro da câmara de fluxo laminar, sobre papel de filtro esterilizado por aproximadamente duas horas.

2.2.3 Cultivo de *A. ricini* e preparo da solução de esporos

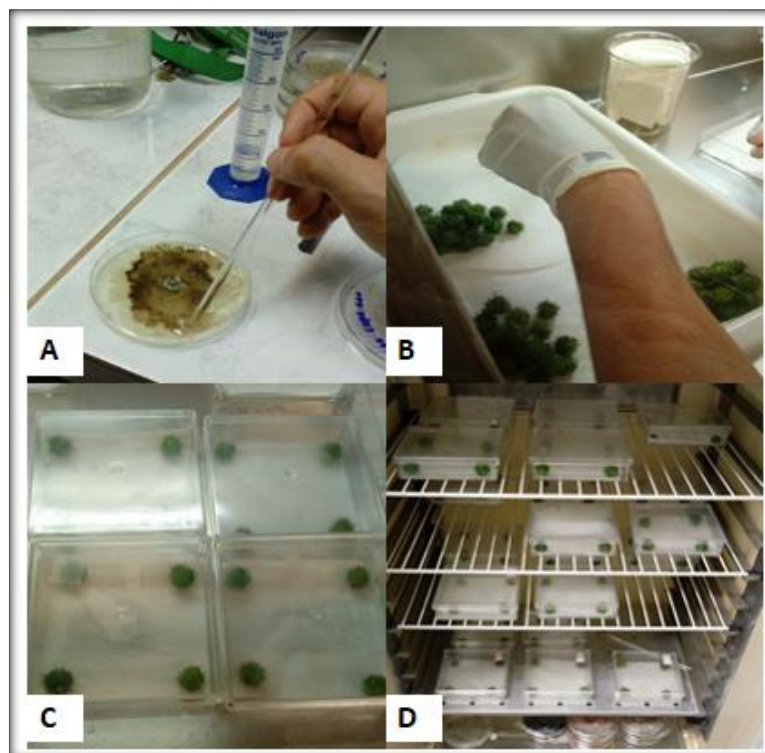
O fungo foi cultivado em placas de Petri contendo meio Extrato de Malte Ágar - MEA, e mantido por sete dias em incubadora com temperatura regulada para 24 °C, com fotoperíodo de 12 horas. Após este período foi realizado o preparo da suspensão de esporos (Figura 3). Para isso foram adicionados cerca de 10 mL de água + Tween esterilizados, em cada placa de Petri com a cultura do fungo. Em seguida, foi utilizada uma alça de Drigalski para remover o fungo da placa. A suspensão obtida foi filtrada em camada dupla de gaze e a concentração de esporos na suspensão inicial foi determinada utilizando câmara de Neubauer. A concentração da suspensão de esporos foi ajustada para $2,0 \times 10^5$ esporos por mL⁻¹.

2.2.4 Inoculação e incubação

Após o preparo de suspensão, a mesma foi pulverizada com auxílio de um pulverizador manual, de forma homogênea sobre toda superfície do fruto. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo quatro repetições para cada tratamento, sendo cada caixa de gerbox foi considerada como uma repetição (com quatro frutos equidistantes em cada) e cada prateleira da câmara de incubação

(BOD) foi considerado um bloco. Após acondicionamento dos frutos nas caixas de gerbox, as caixas foram vedadas com filme plástico, e mantidos por sete dias em câmara de incubação à $24 \pm 1^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas (Figura 3).

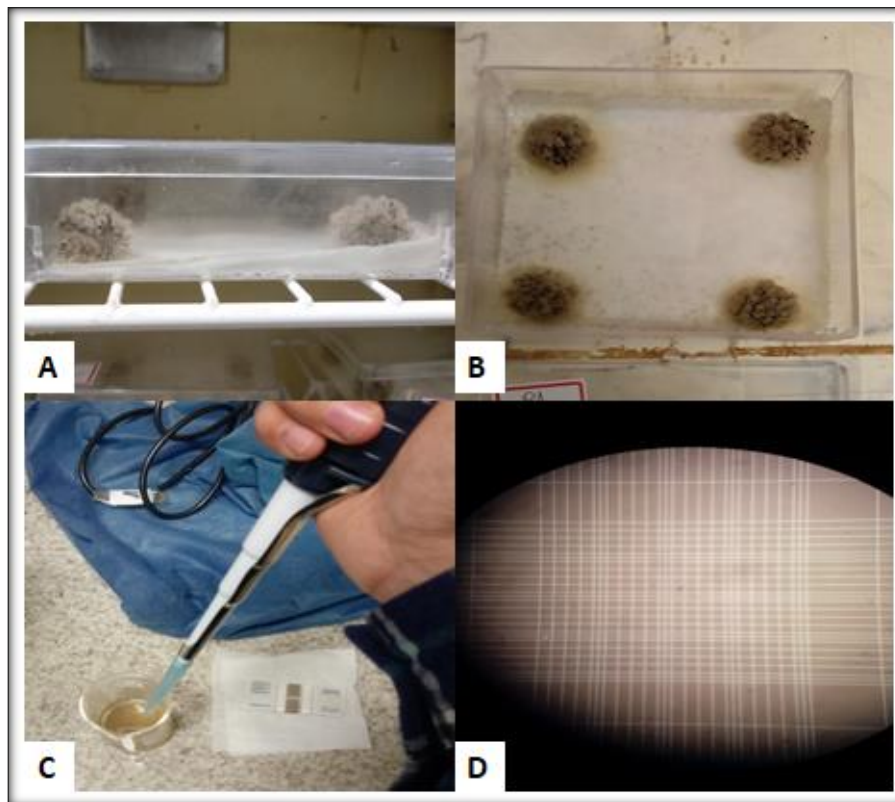
Figura 3 – (A) preparo da solução de esporos; (B) Inoculação dos frutos; (C) frutos acomodados em caixas gerbox; (D) incubação



2.2.5 Avaliação e contagem de esporos

Após o período de incubação, os quatro frutos de cada repetição foram vigorosamente agitados em 100mL de solução de álcool 50%, para liberação dos esporos, em seguida os frutos foram filtrados em camada dupla de gaze. A partir da suspensão obtida para cada repetição, realizaram-se três leituras independentes para determinação da concentração de esporos de cada repetição por meio da utilização da câmara de Neubauer (Figura 4). Os resultados foram expressos em log da concentração de esporos.

Figura 4 – (A e B) Frutos de mamoneira colonizados por *A. rincini*; (C) preparo da lamina de Neubauer; (D) contagem de esporos



2.2.6 Análise da qualidade de sementes

Para a avaliação da qualidade das sementes coletadas dos oito tratamentos, foram realizados testes de sanidade, germinação, teste a frio, envelhecimento acelerado e teor de óleo.

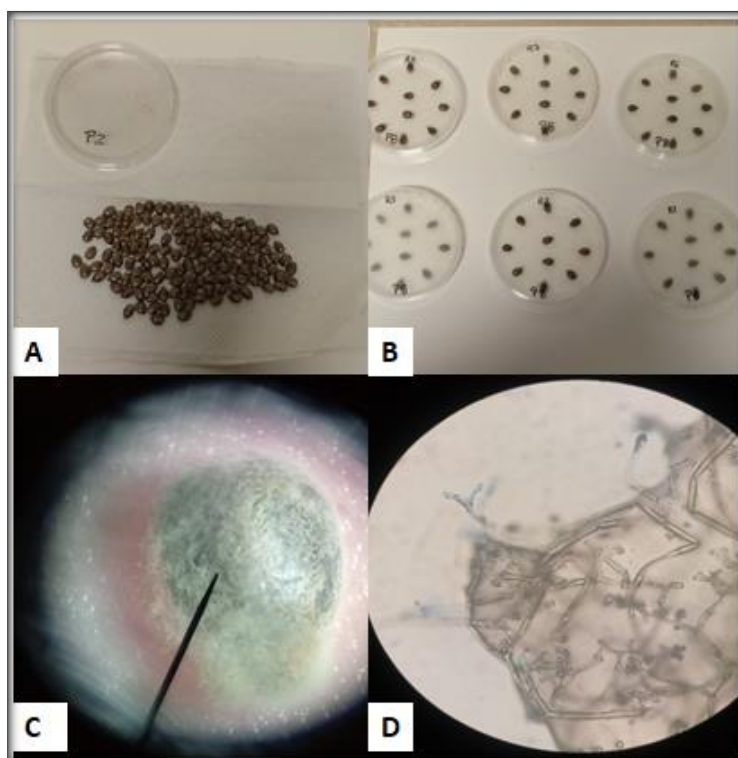
2.2.6.1 Teste de sanidade

A avaliação sanitária das sementes dos oito acessos foi realizada no Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp de Botucatu, empregando-se o método do papel filtro (“blotter test”) (BRASIL, 2009).

Inicialmente, foi realizada a desinfestação superficial das sementes por meio da imersão destas em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por um minuto, posteriormente realizada a secagem das mesmas sobre a bancada do laboratório,

sendo as sementes dispostas em papel de filtro sobre a bancada. Dez sementes foram distribuídas de maneira equidistantes sobre tres discos de papel de filtro previamente umedecidos em água destilada. O delineamento foi inteiramente causalizado com 10 repetições para cada acesso, sendo cada placa de Petri uma repetição. As sementes foram acondicionadas em B.O.D por um período de sete dias à temperatura de 20 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após esse período, foi realizada a identificação dos fungos a nível de gênero, através de estereoscópio e microscópio óptico.

Figura 5 – (A) desinfecção; (B) acomodação das sementes; (C): *Fusarium sp.*; (D) *Amphobotrys ricini*



2.2.6.2 Teste de germinação

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp, localizado no município de Botucatu-SP, de acordo com a metodologia proposta por Brasil (2009). O delineamento foi inteiramente

casualizado com oito tratamentos e quatro repetições sendo cada placa de Petri contendo 25 sementes de mamona.

Inicialmente foi realizada a remoção da carúncula e raspagens das mesmas para a quebra da dormência das sementes, de acordo com as recomendações da metodologia utilizada, as sementes foram distribuídas em placas de Petri, contendo papel germitest, umedecidas com massa de água 2,5 vezes a massa do papel. As contagens de protrusão da raiz primária foram realizadas em intervalos de tempo de 6, 12 e 24 horas, até completar 14 dias, sendo a primeira contagem de germinação feita no sétimo e a contagem final aos 14 dias. Para protrusão, adotou-se como critério de germinação a protrusão da raiz primária ≥ 2 mm já para a germinação adotou-se como critério o número de plântulas normais (Figura 6).

Figura 6 – (A) plântulas consideradas normais; (B) plântulas consideradas anormais



2.2.6.3 Germinação a baixa temperatura

A avaliação do vigor através da germinação a baixa temperatura foi realizada de acordo com as recomendações de AOSA (1983). Para isso, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes por tratamento sobre substrato de rolo de papel Germitest acondicionados em sacos plásticos, fechados e mantidos a 10°C por sete dias, permanecendo por quatro dias em germinadores de madeira regulados a 25°C, obtendo-se a porcentagem de plântulas normais e anormais;

2.2.6.4 Envelhecimento acelerado

Foi conduzido de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho (1999), em que foram utilizadas caixas gerbox, como compartimento individual (minicâmaras), contendo 40 mL de água em seu interior, uma bandeja de tela de alumínio, sendo as sementes de cada tratamento distribuídas formando uma camada uniforme sobre a superfície da tela, em que foram mantidas por 48h a 41°C. Em seguida, foi conduzida a avaliação da germinação de acordo com Brasil (2009), com duas contagens, a primeira após sete dias e a segunda após 14 dias, considerando-se a porcentagem de plântulas normais e anormais.

2.2.6.5 Teor de óleo

Foi determinado o teor de óleo das sementes beneficiadas (em porcentagem) através do uso do Espectrômetro SpinLock, para a realização do teste uma quantidade padrão de sementes (dada pelo copo volumétrico) foi pesada e analisada.

2.2.7 Analise estatística

Os dados de todas as análises realizadas no presente trabalho foram submetidas à verificação de normalidade dos dados pelo teste Kolmogorov – Smirnov, ao nível de 5% de significância. As variáveis em que foi aceita a hipótese de normalidade foram submetidas a análise de variância e ao teste de comparações múltiplas de Tukey ao nível de 5% de significância. A comparação das medias de produção de esporos de *A. ricini* em frutos de mamoneira foi submetida ao teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. Para as variáveis em que a hipótese de normalidade dos dados foi rejeitada, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de significância. Todas as análises foram realizadas pelo software Minitab.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resultado da análise de variância para os dados de concentração de esporos dos acessos do presente trabalho, foram constatadas diferenças significativas entre os acessos avaliados (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de variância e teste de Scott & Knott para produção de esporos de *Amphobotrys ricini* em frutos de acessos de mamoneira

FV	QM	P
Acesso	0,1220*	0,0192
Bloco	0,0977 ^{ns}	0,0849
CV(%)	2,73	

Acessos	Log.mL ⁻¹
A1	7,3199a
A2	7,4504a
A3	7,3243a
A4	7,2412a
A5	6,9818b
A6	7,1403b
A7	6,9389b
A8	7,2022a

Os acessos A5, A6 e A7, apresentaram as menores concentrações de esporos, diferindo dos acessos A1, A2, A3, A4 e A8, que apresentaram as maiores concentrações de esporos, não diferindo significativamente entre si. De acordo com esses resultados, considera-se que nenhum dos acessos do presente trabalho possui resistência vertical contra *A. ricini*.

Segundo Vanderplank (1984), a resistência de plantas pode ser classificada como vertical ou horizontal, sendo a resistência vertical monogênica, também

conhecida como resistência completa, pois o genótipo pode apresenta apenas duas classes fenotípicas, resistente ou susceptível, ao contrário da resistência horizontal que é governada por um grande número de genes, apresentando diferentes níveis de resistência e susceptibilidade ao hospedeiro em uma população.

Os resultados do presente trabalho corroboram com Silva et al. (2010), Soares et al. (2010) e Oliveira Neto (2017), que ao avaliarem a reação de genótipos de mamoneira pelo método de inoculação dos frutos em ambiente controlado, observaram grande produção de esporos em todos os genótipos avaliados. Sendo todos os genótipos suscetíveis.

O acesso A8 possui frutos sem a presença de acúleos, e apresentou uma produção de esporos $7,2 \text{ Log.mL}^{-1}$, o que não corrobora com o trabalho de Lima e Soares (1990), que atribuíram a ausência de acúleos à resistência de *Ricinus communis* L. ao mofo cinzento, que neste caso pode ter sido influenciada pelo ambiente, já que o experimento foi realizado em condições de campo.

Segundo Silva et al., (2010) a avaliação da resistência de *R. communis* L. a *A. ricini*, em experimentos de campo, pode ser altamente influenciada pelo ambiente, o que pode ser observado no presente trabalho, em que não houve a incidência do fungo no campo, porém foi observada a presença do inóculo de *A. ricini*, em sementes de todos os acessos através da análise sanitária realizada no presente trabalho (Tabela 8).

Tabela 8 - Comparação de Médias pelo teste de Kruskal-Wallis, para os fungos do gênero *Amphobotrys*, *Fusarium* e *Epicoccum* em porcentagem (%)
(continua)

Acesso	<i>Aphobotrys</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Epicoccum</i>
A1	79,0bc	77,0a	17,0b
A2	76,0bcd	6,0c	28,0ab
A3	56,0d	28,0bc	17,0b
A4	94,0a	40,0b	25,0ab
A5	85,0ab	80,0a	39,0a
A6	75,0bcd	72,0a	3,0c

Tabela 8 - Comparação de Médias pelo teste de Kruskal-Wallis, para os fungos do gênero *Amphobotris*, *Fusarium* e *Epicoccum* em porcentagem (%) (conclusão)

A7	95,0a	4,0c	29,0ab
A8	70,0cd	74,0a	0.0

Nota: Médias seguidas da mesma letra em diferentes linhas não diferem entre si.

Os acessos A7 e A4 apresentaram os maiores níveis de incidência para o fungo *A. ricini*, com 95 e 94% de incidência respectivamente, não diferindo significativamente entre si. O acesso A3 apresentou o menor nível de incidência para este fungo com 56% de incidência. Resultados similares foram constados por David et al. (2014), ao avaliar a sanidade de dois lotes de sementes da cultivar IAC-226, com e sem tratamento de sementes, observou a incidência do fungo *A. ricini*, na maioria dos tratamentos. Segundo Soares (2012), embora a semente possa ser considerada como uma fonte de inóculo para a infecção primária de *A. ricini*, o mofo cinzento é uma doença que ataca principalmente órgãos reprodutivos da planta, sendo assim o tempo entre a semeadura e o período de floração teoricamente não permitiria a sobrevivência dos conídios de *A. ricini*, para que a infecção primária pudesse ocorrer através da semente. Silva (2013) constatou que a presença do inóculo de *A. ricini* em sementes de mamoneira influenciou no peso seco das plântulas e no índice de velocidade de emergência.

Foi observada incidência do gênero *Fusarium* sp. em todos os acessos, sendo A8, A5, A6 e A1 os acessos que apresentaram maiores níveis de incidência para este fungo 74, 80, 72 e 71% respectivamente, diferindo significativamente dos acessos A4 e A3, com incidência de 40 e 28% respectivamente. A menor incidência de fungos do gênero *Fusarium* sp. foi apresentada pelos acessos A2 e A7, com 6 e 4% de incidência respectivamente. Fungos do gênero *Fusarium* associados a sementes de mamona também foram encontrados por Lima, Batista e Santos (1997), Fanan et al. (2009), Tropaldi et al. (2010), Eicholz et al. (2012) e David et al. (2014).

Fusarium é um patógeno de grande importância econômica para a cultura da mamoneira, é o agente causal da murcha da mamona. Os sintomas podem aparecer

ao longo de todo o ciclo da cultura, porém sua maior ocorrência pode ser observada em plântulas com duas ou três folhas e sua disseminação ocorre principalmente por sementes e através do solo (KUMAR et al., 2015). A presença do inóculo de *Fusarium* sp. em sementes de mamoneira pode diminuir a taxa de germinação (FANAN et al., 2009).

Houve incidência do gênero *Epicoccum* sp., em todos os acessos com exceção ao acesso A8, foi observada a maior taxa de incidência no acesso A5, e a menor taxa de incidência foi observada no acesso A6 (Tabela 8). Somente uma espécie é aceita como pertencente ao gênero *Epicoccum* sp. atualmente, *Epicoccum nigrum* (SØRENSEN et al., 2009), é um fungo Ascomicota, anamórfico, associado a decomposição de tecidos vegetais e também possui comportamento saprofítico, tem sido utilizado como agente de controle biológico contra fungos patogênicos como *Monilinia* spp. em pêssegos e nectarinas, *Sclerotinia sclerotiorum* em girassóis e *Pythium* em algodão (FÁVARO et al., 2011). A presença desse fungo em sementes de mamona foi relatada por Marroni et al. (2009) e Tropaldi et al. (2010). *Epicoccum* sp. também foi relatado associado a sementes de tabaco (SEGATO; GABALDI, 2012), arroz (FRANCO et al., 2001), sorgo (PINTO, 1998), braquiária (MARCHI et al., 2010) e espécies florestais (NETTO; FAIAD 1995).

Tabela 9 - Médias de porcentagens, dos fungos do gênero *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp., *Nigrospora* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Aspergillus* sp.

Acesso	<i>Colletotrichum</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus</i>
A1	0,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0
A2	0,0	0,0	3,0	7,0	1,0	0,0
A3	1,0	2,0	1,0	0,0	2,0	0,0
A4	0,0	2,0	1,0	0,0	2,0	0,0
A5	0,0	0,0	4,0	5,0	1,0	0,0
A6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
A7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
A8	0,0	0,0	0,0	5,0	2,0	0,0

Foi observado a presença em um nível inferior de incidência de fungos dos gêneros, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Cladosporium*., e *Alternaria*, *Colletotrichum* foi observado apenas no acessos A3 com um nível de incidência de 1%. *Aspergillus* sp. foi observado apenas no acesso A7 com 2% de incidência. O gênero *Nigrospora* sp., foi observado nos acessos A1, A2, A3 A4 e A5, com 4, 3, 1, 1 e 4% de incidência respectivamente. O gênero *Penicillium* sp. foi observado nos acessos A2, A5, A6, A8, com incidência 7, 5, 1 e 5% respectivamente. *Alternaria* sp. foi observado nos acessos A1, A3 e A4, com incidência de 1, 2 e 2% respectivamente. O gênero *Cladosporium* sp. foi observado nos acessos A2, A3, A4, A5 e A8, com incidência de 1, 2, 2, 1 e 2%.

De acordo com Miler (1995), fungos associados a sementes têm sido historicamente classificado em dois grupos: fungos de campo, que infectam as sementes antes da colheita, durante o período de cultivo, e fungos de armazenamento que podem ser trazidos do campo ou infectar as sementes durante o armazenamento, porém seu desenvolvimento ocorre durante o período de armazenamento, reduzindo o vigor e viabilidade das sementes. Fungos como *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., de acordo com Chakrabarti (1987), além de reduzir a capacidade germinativa de sementes por estarem associados à deterioração das mesmas, têm a capacidade de reduzir a qualidade e quantidade do óleo, de sementes oleaginosas, devido a possuírem enzimas lipases.

O gênero *Colletotrichum* sp., compreendem espécies de fungos fitopatogênicos causadores de antracnose, capazes de infectar uma ampla gama de hospedeiros (TOZZE JÚNIOR; MELLO; MASSOLA JUNIOR, 2006). Tem sido associado a sementes de mamona por diversos autores, segundo David et al. (2014) porém não há relatos da ocorrência de antracnose na cultura da mamoneira.

Os dados referentes ao teste de germinação dos oito acessos de mamoneira estão expostos na Tabela 10. Foi possível observar pela análise de variância que não houve efeito significativo entre os acessos estudados para a germinação, assim como não houve efeito significativo entre os acessos para o número de plântulas anormais, porém houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os dados de primeira contagem de germinação.

Os acessos A3 e A5 apresentaram o maior número de plântulas normais para a primeira contagem 51,70 e 47,74% respectivamente, não diferindo significativamente dos acessos A1, A2 e A7 com número de plântulas normais de

37,2, 38,62 e 44,54% respectivamente, assim como estes não diferiram significativamente do acesso A4, que apresentou 27,14% de plântulas normais, os acessos A6 e A8, apresentaram o menor número de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação. Houve uma certa concordância entre as médias da primeira contagem do teste de germinação e as médias de T50 abordado no capítulo 1, sendo os acesso A6 e A8 os que apresentaram menor número de germinação na primeira contagem e também os maiores valores de T50, assim como o acesso A3 que apresentou o maior número de plântulas normais na primeira contagem também apresentou o maior valor de T50, porém não diferiu dos acessos A1, A2, A5 e A6. Vale ressaltar que ambos as variáveis primeira contagem do teste de germinação e T50, tempo para protrusão de 50% das sementes, são parâmetros indicadores de qualidade fisiológica de sementes, pois lotes de sementes com germinação mais rápida garantem maior uniformidade do estande e estão menos propensas ao processo de deterioração, sendo a deterioração de sementes o inverso da qualidade fisiológica (LEPRINCE et al., 2017; JOOSEN et al., 2010).

Tabela 10 - Teste de germinação: Primeira Contagem; Contagem final; Plântulas anormais

	1º Contagem (%)	Contagem final (%)	Plântulas anormais (%)
p-valor	0,002**	0,06 ^{ns}	0,056 ^{ns}
Acesso	Médias		
A1	37,2ab	43,8	46,3
A2	38,62ab	65,1	29,9
A3	51,70a	73,22	26,78
A4	27,14bc	35,52	52,10
A5	47,74a	64,43	20,61
A6	15,21c	57,17	25,42
A7	44,54ab	57,79	30,21
A8	13,33c	32,6	18,25

Nota: Médias seguidas da mesma letra em diferentes linhas não diferem entre si.

Os dados referentes ao teste de germinação a baixa temperatura medidos em % estão expostos na Tabela 11. O acesso A6 apresentou a maior quantidade de plântulas normais, com 76%, não diferindo significativamente dos acessos A2 e A5, que apresentaram uma taxa de plântulas normais 64 e 67% respectivamente, estes não apresentaram diferença significativa dos acessos A1, A3 e A8 respectivamente, com taxas de plântulas normais de 53, 57% respectivamente, assim como não houve diferença significativa entre esses acessos e o acesso A4, com taxa de plântulas normais de 43%. O acesso A4 apresentou o menor número de plântulas normais com 36,8%. O acesso A4 apresentou o maior número de plântulas anormais, com 55,26%, não diferiu significativamente dos acessos A3, A7 e A8, que apresentaram taxas de plântulas anormais de 36, 35 e 36% respectivamente, assim como estes acessos não diferiram significativamente, A1 e A2 com germinação de 33 e 32% respectivamente, assim como o acesso A6 demonstrou maior número de plântulas normais também demonstrou o menor número de plântulas anormais.

Tabela 11 - Teste de germinação à baixa temperatura

	Germinação (%)	Plântulas anormais (%)
p-valor	0,000**	0,012*
CV	13,39	
Acesso		
A1	53,0bcd	33,00bcd
A2	64,0ab	32,00bcd
A3	57,0bc	36,00abc
A4	36,8d	55,26a
A5	67,0ab	23,00cd
A6	75,0a	18,00d
A7	43,0cd	35,00ab
A8	57,0bc	36,00abc

Nota: Médias seguidas de mesma em diferentes linhas não diferem entre si

No teste de envelhecimento acelerado, o acesso A5 apresentou maior taxa de germinação com 93% de plântulas normais, porém não diferiu significativamente dos acessos A1, A3, A4, A6 e A8, com número de plântulas normais de 84, 91,9, 78, 90,1 e 88,7 respectivamente, os acessos A1, A3, A4, A6 e A8 não diferiram significativamente do acesso A7, com uma taxa de germinação de 76,4%. O acesso A2 apresentou a menor quantidade de plântulas normais para o teste de envelhecimento acelerado com 73% de plântulas normais, não houve efeito significativo da porcentagem de plântulas anormais entre os acessos de mamoneira no teste de envelhecimento acelerado ao nível de 5% de significância.

Tabela 12 - Teste de Envelhecimento Acelerado

	Plântulas normais (%)	Plântulas anormais (%)
p-valor	0,000**	0,18
CV	48,92	
Acesso		
A1	84,0abc	15,00
A2	73,0c	22,00
A3	91,9ab	8,04
A4	78,0abc	16,00
A5	93,5a	6,48
A6	90,1ab	7,71
A7	76,4bc	10,21
A8	88,7abc	9,04

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si nas colunas

Foi possível observar um aumento na porcentagem de germinação nos testes a frio e envelhecimento acelerado em relação ao teste de germinação, exceto para os acessos A2 e A7, que tiveram uma redução de 1 e 14% no teste de germinação a frio respectivamente. No teste de envelhecimento acelerado, houve um aumento bastante acentuado na ocorrência de plântulas normais e redução de plântulas

anormais em todos os acessos, o acesso A3 demonstrou o maior aumento na taxa de germinação pelo teste de envelhecimento acelerado com 54,9% de plântulas normais em relação ao teste de germinação.

A diferença nos resultados entre o teste de germinação, e os testes a frio e envelhecimento acelerado pode estar associada a dormência presente nas sementes da espécie *Ricinus communis* L..

A dormência de sementes é uma característica que pode ser definida, como uma condição em que as sementes viáveis de uma determinada espécie, não germinam, mesmo que se encontrem em condições ambientais favoráveis para a ocorrência desse evento. Em termos evolutivos, a dormência de sementes é uma característica adaptativa, que garante a sobrevivência e perpetuação de uma determinada espécie, distribuindo a germinação ao longo do tempo e em diferentes condições ambientais, pode estar associada a fatores endógenos como características do próprio embrião ou pode ser atribuída a fatores exógenos como aspectos do tegumento. A dormência tegumentar, pode estar associada, ao impedimento da entrada de água imposta pelo tegumento, a entrada de oxigênio, ou pode servir também como uma barreira mecânica para o desenvolvimento do embrião e outras estruturas da semente (ENRIQUE; JOEL 2005).

Mendes et al. (2009) verificaram a germinação de cinco lotes da cultivar AL-guarany, em diferentes tratamentos, incluindo envelhecimento acelerado foi constatado que houve aumento significativo da germinação pelos pré-tratamentos em relação a testemunha, porém a eficiência dos tratamentos demonstrou grande variação entre os lotes de sementes, o que evidencia que existe uma grande variabilidade, do grau de dormência em sementes de mamona. No lote 1, todos os tratamentos diferiram igualmente da testemunha, no lote 2, o envelhecimento acelerado apresentou uma germinação inferior a testemunha e os tratamentos com remoção da carúncula e remoção do tegumento apresentaram níveis de germinação superiores, Mendes et al. (2009) atribuiu a dormência dos lotes de sementes de mamona a impermeabilidade a água imposta pelo tegumento, porém no presente trabalho não se pode fazer a mesma afirmação pois em todos os tratamentos e testes de qualidade fisiológica foi realizada a remoção da carúncula e escarificação com lixa.

A dormência de *R. comunis* L. tende a diminuir ao longo do período de armazenamento, conforme constatado por Lago et al. (1979), que avaliaram a

germinação de três cultivares de mamona aos 3, 6, 9, 18 e 21 meses de armazenamento. Foi observado neste trabalho que os cultivares Campinas e IAC-38 apresentaram uma quantidade inicial de sementes dormentes entre 44 e 66% respectivamente, e índices satisfatórios de germinação acima de 80% foram atingidos após nove meses de armazenamento.

É evidente que, no presente ensaio, o calor possa ter influenciado a maior taxa de ocorrência de plântulas normais, e que provavelmente a dormência tegumentar presente nas sementes da mamona, além de dificultar o processo de embebição, também funciona como uma barreira mecânica que dificulta o desenvolvimento da plântula. Segundo Crocker (1916), em espécies de plantas como *Alisma plantago* e *Amaranthus retroflexus*, que também possuem dureza tegumentar, a ação do calor na quebra de dormência é atribuída à diminuição da resistência do tegumento pela diminuição da viscosidade de substâncias pécticas presentes no tecido fibroso do tegumento. Nobre et al. (2013) avaliaram a germinação do cultivar IAC-226, por tratamentos pré-germinativos através da imersão das sementes em água em diferentes temperaturas, 25, 60, 70 e 80°C, durante 2, 4, 6 e 8 minutos. Constatou-se aumento na germinação e, na primeira contagem para todos os tratamentos em relação a testemunha sem tratamento pré-germinativo, o tratamento com imersão em água a 70°C, apresentou maiores índices de germinação 95%, em todos os tempos avaliados, e 53% a mais que a testemunha.

Em termos de qualidade fisiológica, os acessos que demonstraram menores valores de T50, U7525, foram os acessos A3, A4 e A5, porém esses parâmetros demonstram somente a capacidade de emissão da radícula, e não da capacidade de formar uma plântula que pudesse se desenvolver no campo. Desses acessos, somente os acessos A3 e A5, foram capazes de formar plântulas normais na primeira contagem da germinação, porém em condições de armazenamento que é representado pelo teste de envelhecimento acelerado, o acesso A5 demonstrou o melhor desempenho, portanto pode ser considerado o que possui melhor qualidade fisiológica para essas condições. No que se refere a germinação em condições ambientais de baixa temperatura o acesso A6 demonstrou melhor qualidade fisiológica, porém esse apresentou menores níveis de velocidade e uniformidade de germinação.

Os dados referentes as médias do teor de óleo dos 8 acessos de mamoneira estão expostos na Tabela 13. Não houve efeito significativo entre os 8 acessos de mamoneira avaliados para o teor de óleo as médias variaram entre 38,42% a 35,61%, de acordo com Melhorança e Staut (2005), sementes de mamona a quantidade de óleo presentes em sementes de mamona variam entre 30 a 60%, sendo que cultivares comerciais possuem em média 45 a 50% do seu peso em óleo, portanto pode-se concluir que os acessos avaliados no presente trabalho possuem uma quantidade de óleo abaixo do padrão comercial requerido.

Tabela 13 - Médias do teor de óleo dos oito acessos de mamona

p-valor	Teor de Óleo (%)
Acesso	0,0926 ^{ns}
A1	38,42
A2	38,24
A3	36,77
A4	36,31
A5	35,61
A7	35,91
A8	37,63

2.4 CONCLUSÃO

Dos oito acessos de mamoneira avaliados quanto a reação ao mofo cinzento, os acessos A5, A6 e A7, demonstraram menor quantidade produzida de conídios, no entanto não foram encontrado genótipos resistentes ao mofo cinzento. Foi encontrada a presença do inóculo de *A. ricinni* em sementes de todos os acessos de mamoneira avaliados, porém a doença não foi observada no campo, sendo assim pode-se concluir que não houve condições favoráveis ao desenvolvimento do fungo nos meses da realização do presente experimento.

Na avaliação de sanidade de sementes, houve maior incidência de fungos do gênero *Fusarium*, *Amphobotris* e *Epicoccum* e menor incidência de fungos dos gêneros *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Cladosporium* e *Aspergillus*.

O acesso A5, demonstrou melhor desempenho em termos de qualidade fisiológica, pelo teste de envelhecimento acelerado, germinação e tempo e uniformidade de germinação. O acesso A6 demonstrou melhor desempenho de germinações em condições de baixa temperatura. Houve um aumento significativo do número de plântulas normais e redução de plântulas anormais, em todos os acessos avaliados, entre o teste de germinação e envelhecimento acelerado, o que levanta a hipótese da dormência tegumentar presente nas sementes de mamona tenha sido influenciada pelo calor das condições do teste de envelhecimento acelerado.

Os oito acessos avaliados no presente trabalho apresentaram teor de óleo abaixo do padrão comercial.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Regras para análise de sementes**. 2009.
- CHAKRABARTI, D. K. A Review of Deterioration of Oil-Seeds by Fungi with Special Reference to India. **International Biodeterioration**. v. 23, n.1, p.137-157, 1987.
- COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 3. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409 p
- CROCKER, W. M. Mechanics of Dormancy in Seeds. **American Journal of Botany**, Vol. 3, No. 3, pp. 99-120., 1916.
- DAVID, A. M. S. S.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; MIZOBUTSI, E. H.; AMARO, H. T.; REIS, S. T. Qualidade sanitária de sementes de mamona (cv. IAC – 226). **Comunicata Scientiae**. Bom Jesus, v.5, n.3, p.311-317, Jul./Set. 2014.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.
- EICHOLZ, E. D.; ZANATTA, Z. G. C. N.; AIRES, R. F.; UENO, B.; LUCCA FILHO, O. A.; SILVA, S. D. A. Germinação de sementes de mamona em diferentes substratos e com tratamento fungicida. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v.8, n.1, p.37-43, 2012.
- ENRIQUE, J; JOEL, F. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? **Journal of Vegetation Science**. v.16, n.1, p.559-564, 2005.
- FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; ITO, M. F.; DUDIENAS, C.; RAMOS, N. P.; GALBIERI, R. Influência da colheita e períodos de armazenamento na qualidade sanitária de sementes de mamoneira. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 202-209, 2009.
- FAO. 2019 Food and Agriculture Organization of the United Nations. In: **Faostat**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em 18 de março 2020.
- FÁVARO, L. C. L.; MELO, F. L.; AGUILAR-VILDOSO, C. I.; ARAÚJO, W. L. Polyphasic Analysis of Intraspecific Diversity in *Epicoccum nigrum* Warrants Reclassification into Separate Species. **Plosone**, v.6, n.8, p.2-18, 2011.
- FRANCO, D. F.; RIBEIRO, A. S.; NUNES, C. D.; ERNANDE, F. Fungos associados a sementes de arroz irrigado no rio grande do sul. **Rev. Bras. de Agrociência**, v.7 n 3, p.235-236, 2001.

GREENWOOD, J.S.; BEWLEY, J.D. Seed development in *Ricinus communis* (castor bean) I. Descriptive morphology. **Canadian Journal of Botany**, v.60, n.9, p.1751-1760, 1982.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. **Handbook of vigour test methods**. 3. ed. Zürich, 1995. 117 p.

JOOSEN, R. V. L.; KODDE, J.; WILLEMS, L. A. J.; LIGTERINK, W. Germinator: A software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. **Plant Journal**, v. 62, n. 1, p. 148–159, 2010.

KUMAR, M. V. N.; SHANKAR, V. G.; RAMYA, V.; PRIYA, P. B.; RAMANJANEYULU, G. S.; REDDY, D. V. V. Enhancing castor (*Ricinus communis* L.) productivity through genetic improvement for Fusarium wilt resistance – a review. **Industrial Crops and Products**, v.67, p-330-335, 2015.

LAGO, A. A.; ZINK, E.; RAZERA, L. F.; BANZATTO, N. V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia**, v.38, n.9, p. 41-46, 1979.

LEPRINCE, O.; PELLIZZARO, A.; BERRIRI, S.; BUITINK, J. Late seed maturation: drying without dying. **Journal of Experimental Botany**, v.68, n.4, p.827-841, 2017.

LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; SANTOS, J. W. Fungos causadores de tombamento transportados e transmitidos pela semente de mamoneira. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.32, n.9, p91 5-918, set. 1997.

LIMA, E.F.; SOARES, J.J. Resistência de cultivares de mamoneira ao mofo cinzento, causado por *Botrytis ricini*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 96- 98, 1990.

MARCHI, C. E.; FERNANDES, C. D.; BUENO, M. L.; BATISTA, M. V.; FABRIS, L. R. Fungos veiculados por sementes comerciais de braquiária. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.77, n.1, p.65-73, 2010.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.363-374, 2015.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. cap.3, p.1-24.

MARRONI, I. V.; ZANATTA, Z. G. C. N.; CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; UENO, B.; MOURA, A. B. Efeito do tratamento com calor seco e água quente sobre a germinação e controle de micro-organismos associados às sementes de mamoneira. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.76, n.4, p.761-767, 2009.

MASSOLA JUNIOR, R. et al. Doenças da mamoneira. In: AMORIM, L. et al.(Eds.), **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. Ouro Fino. Editora Agronomica Ceres. 2016.

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A. **Indicações Técnicas para a Cultura da Mamona em Mato Grosso do Sul**, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2005.

MENDES, R. C.; DIAS, D. C. F. S.; PEREIRA, M. D.; BERGER, P. G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.)1. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 31, n. 2, p.187-194, 2009.

MILER, J. D. Fungi and Mycotoxins in Grain: Implications for Stored Product Research. **J. stored Prod. Res.** Vol. 31, No. 1, pp. 1-16, 1995.

MILLER, B.; MCDONALD, J. R. A review and evaluation of seed vigor tests. **Association of Official Seed Analysts Society of Commercial Seed Technologists**. Vol. 65, p. 109-139, 1975.

MUBOFU, E. B. Castor oil as a potential renewable resource for the production of functional materials. **Sustain Chem Process**, v. 4, n. 11. p. 1-12, 2016.

NETTO, D. A. M.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e Sanidade de espécies florestais. **Revista brasileira de sementes**. v.17, n.1, p.75-80, 1995.

NOBRE, D. A. C.; DAMASCENA, J. G.; DAVID, A. M. S. S.; SANTOS, M. P.; PEREIRA, A. R.; PEREIRA, C. G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de mamona, cultivar IAC 226. **Acta biol. Colomb.** v.18, n.3, p.473-478, 2013.

OLIVEIRA NETO, S. S. **Caracterização agromorfológica e reação ao mofo cinzento de acessos de mamoneira**. 74p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

PARISI, J. J. D.; SANTOS, A. F.; BARBEDO, C. J.; MEDINA, P. F. Patologia de Sementes Florestais: Danos, Detecção e Controle, uma revisão. **Summa phytopathol.** Botucatu v.45 n. 2, 2019.

PINTO, N. F. J. A. Tratamento fungicida de sementes de sorgo visando o controle de fungos do solo e associados às sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 24, p.26-29, 1998.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

SEGATO, S. V; GABALDI, F. C. Fungos associados às sementes de fumo (*Nicotiana tabacum* L.). **Nucleus**, v.9, n.2, p.229-234, 2012.

SILVA, A. J.; SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M.; MILANI, M. Esporulação de *Amphobotrys ricini* em frutos de mamoneira como componente de resistência ao mofo cinzento. In: III CONGRESSO DE MAMONA-ENERGIA E RICINOQUIMICA. 2010, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: Embrapa Algodão, 2010.

SILVA, U. A. **Efeitos e transmissão de *Amphobotrys ricni* em sementes de mamona**. 65p. Dissertação. (Mestrado em Fitopatologia). Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2013.

SOARES, D. J. Gray mold of castor: a review. In: CUMAGUN, C. J. R. **Plant Pathology**. Rijeka: InTech, p.219-240, 2012.

SOARES, D. J.; NASCIMENTO, J. F.; ARAÚJO, A. E.; Componentes monocíclicos do mofo cinzento (*Amphobotrys ricini*) em frutos de diferentes genótipos de mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1. 2010, João Pessoa. **Anais [...]**. Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 957-962.

SØRENSEN, J. J.; MOGENSEN, J. M.; THRANE, U.; ANDERSEN, B.. Potato carrot agar with manganese as an isolation medium for *Alternaria*, *Epicoccum* and *Phoma*. **International journal of food microbiology**, v. 130, n. 1, p. 22-26, 2009.

TOZZE JUNIOR, H. J; MELLO, M. B. A; MASSOLA JUNIOR, M. S. Caracterização morfológica e fisiológica de isolados de *Colletotrichum* sp. causadores de antracnose em solanáceas. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 77-79, 2006.

TROPALDI, L.; CAMARGO, J. A.; KULCZYNSKI, S. M.; MEDONÇA, C. G.; BARBOSA, M. M. M. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de mamona submetidas a diferentes tratamentos químicos. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 89-95, 2010.

VANDERPLANK, J. E. **Disease Resistance in Plants**. Academic Press. Santiago. 1984.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos lineares generalizados demonstraram eficiência para a avaliação de dados de germinação ao longo do tempo, em sementes de mamona, a escolha da função de ligação que melhor se ajusta a um GLM binomial, depende dos resultados encontrados, a função de ligação que melhor se ajustou aos dados do presente trabalho foi a função Cauchy.

Todos os acessos de mamoneira avaliados no presente trabalho demonstraram-se suscetíveis ao mofo cinzento, porém através da análise de sanidade de sementes, onde foi encontrada a presença do inoculo de *Amphobotrys ricini*, em todos os acessos, pode-se concluir que não houve condições ambientais para incidência da doença no campo.

Além de *A. ricini* foi encontrada a presença dos fungos *Fusarium sp*, e *Epicoccum sp* em sementes de praticamente todos os acessos avaliados, foram também encontrados em menor incidência os fungos *Colletotricum*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Cladosporium* e *Aspergillus*.

O acesso A5, demonstrou melhor desempenho em termos de qualidade fisiológica, pelo teste de envelhecimento acelerado, germinação e tempo e uniformidade de germinação. O acesso A6 demonstrou melhor desempenho de germinações em condições de baixa temperatura. Houve um aumento significativo do numero de plântulas normais e redução de plântulas anormais, em todos os acessos avaliados, entre o teste de germinação e envelhecimento acelerado, o que levanta a hipótese da dormência tegumentar presente nas sementes de mamona tenha sido influenciada pelo calor das condições do teste de envelhecimento acelerado.

Os oito acessos avaliados no presente trabalho apresentaram teor de óleo abaixo do padrão comercial.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília. Embrapa informação tecnológica. 2007.
- BARROS, D. I.; NUNES, H. V.; DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 24, nº 2, p.12-16, 2002.
- BLISS, C. L. Methods of probits. **Science**, v. 79, p. 38-39, 1934.
- CASELLA, G.; BERGER, R. L. **Inferência estatística**. Tradução da 2ª edição Norte Americana: Solange Aparecida Visconde. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 3. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409 p.
- CRAMER, J.S. The origins and development of the Logit model. **Univ. of Amsterdam and Tinbergen Institute**, Amsterdam, 2003. Disponível em: http://www.cambridge.org/resources/0521815886/1208_default.pdf. Acesso em: 3 mar 2019.
- CROCKER, W.; GROVES, J. F. A method of prophesying the life duration of seeds. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 1, n. 3, p. 152, 1915.
- DAIBES, L. F.; CARDOSO, V. J. M. Seed germination of a South American forest tree described by linear thermal time models. **Journal of Thermal Biology**, v. 76, p.156-164, 2018
- DEMÉTRIO, C. G. P. **Modelos lineares generalizados em experimentação agrônoma**. (Apostila) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Departamento de Ciências Exatas LCE USP, Piracicaba, SP, 2002.
- DUARTE, D. B.; NASCIMENTO, A. T. A.; SOARES, D. J.; *Amphobotrys ricini* causing gray mold on *Acalypha herzogiana* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, 2013.
- FERREIRA, R. S; MELO, A. S. Análise das fontes de crescimento do valor bruto da produção da mamona no período de 1990 a 2016. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá. v.12, n.2, p. 487-513, 2019.
- GURGEL, J.T.A. **Estudos sobre a mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Piracicaba. Livre docência – ESALQ, Piracicaba. 1945.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION [ISTA]. **Seed Vigour Testing**. International Rules for Seed Testing, Zurich, Switzerland, 2014.
- KÜPPER, A. et al. Multiple Resistance to Glyphosate and Acetolactate Synthase Inhibitors in Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Identified in Brazil. **Weed Science**, v. 65, n. 03, p.317-326, 2017.

LIMA, E. F.; SOARES, J. J. Resistencia de cultivares de mamona ao mofo cinzento, causado por *Botrytis ricini*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 15, n. 1, p.96-98, 1990.

LIMA, E.F.; ARAÚJO, A.E.; BATISTA, F.A.S. Doenças e seu controle. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.191-212.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.363-374, 2015.

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A. **Indicações técnicas para a cultura da mamona em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

MILANI, M; MIGUEL JÚNIOR, S. R; SOUSA, R. L. **Subespécies de mamona**. Campina grande. EMBRAPA. 2009.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society A**, Hoboken, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972

ONOFRI, A.; GRESTA, F.; TEI, F. A new method for the analysis of germination and emergence data of weed species. **Weed Research**, v. 50, n.3, p. 187-198, 2010.

PINO, F. A. Modelos de decisão binários: uma revisão. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 43-57, jan./jun. 2007.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Rev. Virtual Quim.** v. 9, n. 1, jan-fev. 2017.

RAZZAGHI, M. The Probit Link Function in Generalized Linear Models for Data Mining Applications. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, v. 12, n. 1, p. 164-169, 2013.

RITZ, C. Toward a unified approach to dose-response modeling in ecotoxicology. **Environmental Toxicology And Chemistry**, v. 29, n. 1, p.220-229, 2010.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; GIANDONI, V. C. R.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Cauchy, Cauchy–Santos–Sartori–Faria, Logit, and Probit Functions for Estimating Seed Longevity in Soybean. **Agronomy Journal**. v. 111, n.6, p. 1-11, 2019.

SAVY FILHO, A. Melhoramento da mamona. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999.

SILVA, N. O. **Controle genético de características associadas à qualidade de sementes de milho**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2006, 92 p.

SOARES, D. J. Gray mold of castor: a review. In: CUMAGUN, C. J. R. **Plant Pathology**. Rijeka: InTech, p.219-240, 2012.

SUSSEL, A. A. B. **Epidemiologia e manejo do mofo-cinzentado-da-mamoneira**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2009. Documentos 241.

WOODSTOCK, L.W. Seed vigor. **Seed World**, v. 97, n. 6, 1965

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SABELIEV, A. A.; SMITH, G. M. Limitations of Linear Regression Applied on Ecological Data. In: **Mixed effects models and extensions in ecology with R. Statistics for Biology and Health**. Springer, New York, NY, 2009. p. 11-33.