

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor ,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 17/12/2019.

AMANDA RITHIELI PEREIRA DOS SANTOS

**FUNÇÕES DE LIGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DA LONGEVIDADE DE
SEMENTES DE SOJA**

Botucatu

2018

AMANDA RITHIELI PEREIRA DOS SANTOS

**FUNÇÕES DE LIGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DA LONGEVIDADE DE
SEMENTES DE SOJA**

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

Orientadora: Maria Márcia Pereira Sartori
Coorientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Santos, Amanda Rithieli Pereira dos, 1994-
S237f Funções de ligação na determinação da longevidade de sementes de soja / Amanda Rithieli Pereira dos Santos. - Botucatu: [s.n.], 2018
76 p.: grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Maria Márcia Pereira Sartori
Coorientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva
Inclui bibliografia

1. Soja - Sementes. 2. Sementes - Viabilidade. 3. Funções simétricas. 4. Funções assimétricas. 5. Longevidade. I. Sartori, Maria Márcia Pereira. II. Silva, Edvaldo Aparecido Amaral da. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


Título: FUNÇÕES DE LIGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA

AUTORA: AMANDA RITHIELI PEREIRA DOS SANTOS

ORIENTADORA: MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

COORIENTADOR: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

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



Dr.ª MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP



Prof. Dr. LUCIANO BARBOSA

Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu



Dr. TIAGO ALEXANDRE DA SILVA

/ Botucatu/SP

Botucatu, 17 de dezembro de 2018.

A Deus, pela graça de crescer em sabedoria. Aos meus pais Edeni e Marcus Vinicius (in memoriam), pelos exemplos de fé, determinação e amor. As minhas irmãs Stephanny e Renata, pelo apoio. Aos meus sobrinhos João Gabriel, André Luiz e Marianny, pela vontade de inspirá-los. Ao meu namorado Álvaro, ao meu padrinho Humberto, pelo apoio em todos os momentos. A todos que de alguma forma se fizeram presentes me apoiando,

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela graça de poder viver essa oportunidade, por me honrar em meus sonhos, por toda glória em minha vida, por ser meu sustento, por ter me capacitado dia após dia para que esse momento ocorresse. A Santa Maria pela proteção diária.

À minha amada mãe que sempre buscou me inspirar a ir além, pelo exemplo de fé, determinação, ousadia, coragem, por toda a paixão por suas filhas, por toda a educação e cuidados dispendidos em toda minha vida, por me amar incondicionalmente e me ensinar sobre superar as dificuldades, não importando qual fosse ela.

A memória de meu pai, Marcus Vinicius, por sempre acreditar em mim e deixar como maior herança seus ensinamentos sobre a importância do estudo, por seu exemplo de simplicidade e amor incondicional. Seus ensinamentos não foram em vão, pois me guiaram por toda esta jornada.

Às minhas irmãs Stephanny e Renata pelo apoio e amor. Aos meus sobrinhos João Gabriel, André Luiz e Marianny por serem minha fonte de inspiração. A minha tia Valdeni (Ni), que me fortalecia dia a dia com suas mensagens motivacionais, exemplo de fé e orações. A minha querida Tia Lúcia e Tio Carlos, por serem como minha segunda família da igreja, pelo amor e carinho. Ao meu padrinho Humberto, por todo apoio e inspiração. A todos da minha família que se fizeram presentes, pelo cuidado em todos os momentos.

Ao meu namorado Álvaro, por todo amor, cuidado e paciência ao nosso relacionamento, por ser meu porto seguro. Aos meus sogros Sara e Mauro, por suas lições de amor, fé e exemplos pessoais.

Às minhas amigas Rute, Mara Lúcia, Amanda Maria, por todo o amor, pelo carinho, pelo apoio e pelas melhores companhias, obrigada por serem minha família em Botucatu. As minhas amigas Amandinha, Fabiane, Jordana, Laressa, Marília, Thalia, pelo amparo e boas conversas. Quem encontrou um amigo, encontrou o verdadeiro tesouro.

À Professora Doutora Maria Márcia Pereira Sartori, pela excepcional orientação, por todos os ensinamentos, pelo exemplo profissional, pessoal e amizade. Não tenho palavras para agradecer toda a confiança depositada em mim. Obrigada pelo seu empenho em tudo que realiza, seu exemplo de sucesso e luta por seus objetivos.

Ao Professor Doutor Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, pela co-orientação, ensinamentos, amizade e exemplo profissional. Muito obrigada também por todas as

considerações sobre Fisiologia de Sementes e por todo o aprendizado com excelência transmitido.

Aos alunos do Grupo de pesquisa de Modelagem e Estatística Aplicada a Ciências Agrárias (MODELSTAT): Deoclecio, Gabriela, Jackson, Keyse, Leandro, Lucas, Luciana, Michelane, Renata, Rute, pelo compartilhamento de conhecimento, pela boa convivência e amizade.

Aos companheiros de análises Lucas Moreira, Deoclecio, Rute e Gabriela por possibilitarem que as análises fossem o mais agradáveis o possível.

À Técnica do Laboratório de Sementes, Valéria Giandoni, pelo profissionalismo, pela amizade e por toda a ajuda na execução das análises. A técnica do Laboratório Iara Brito, por toda ajuda e dedicação. A secretária do Departamento Eliane Gonçalves, por todo profissionalismo e amizade. Aos professores que no ministrar de cada disciplina compartilharam seus conhecimentos de uma vida toda, com muita excelência.

Aos colegas do Laboratório de Sementes, Caroline, Daiane, Denis, Gabriel, Gilberto, Girlânio, Henrique, Karina, Larissa, Maurício, Nathália, Thiago Batista, Tiago Alexandre, Samara, Victor, Yago, por transmitirem seus conhecimentos e serem sempre solícitos.

Aos funcionários da Pós-Graduação Acir, Adriana, Andrea, Débora, Kátia, Regina e Taynan por sua solicitude em todos os momentos. Aos funcionários da biblioteca pela atenção.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo – FAPESP pelo auxílio a pesquisa 2016/13126-0.

A todos que se fizeram presentes.

“To infinity and beyond” (Toy Story).

“Tudo posso naquele que me fortalece” (Filipenses, 4:13).

RESUMO

O estudo da longevidade busca determinar o tempo que as sementes são capazes de manter sua viabilidade quando armazenadas em condições ideais para cada espécie. O parâmetro usual definido como P_{50} avalia o tempo em que as amostras ou lotes perdem 50% de sua viabilidade. As respostas obtidas nesses estudos são binárias (sementes mortas ou vivas), e devem ser avaliadas por uma distribuição acumulada no tempo, sendo usualmente utilizada a transformação ou função de ligação, Probit. Para espécies com resultados não normais e/ou comportamento não cumulativo negativo o modelo de Probit não possibilitou a obtenção do P_{50} . Assim outras funções simétricas e assimétricas, que já foram aplicadas nas áreas da física e matemática, podem ser uma alternativa. Nesse contexto o objetivo neste trabalho consistiu em avaliar as diferentes funções de ligação simétricas Probit, Logit e Cauchy e assimétricas Aranda-Ordaz, Box-Cox, Complemento Log-Log, Logaritmo, Potência Stukel e Weibull na determinação da longevidade de sementes de soja. Em 10 amostras de sementes de soja obtidas no estado de Goiás, safra de 2016/2017, foram realizados testes de germinação, teor de água, longevidade e teor de óleo. Os dados de porcentagem de protrusão (longevidade) foram transformados pelas funções simétricas e assimétricas com ajustes realizados por regressão linear, os quais propiciaram a determinação do P_{50} para cada amostra. A qualidade dos ajustes das foram avaliadas pelo coeficiente de determinação corrigido e a porcentagem de P_{50} incluso no intervalo de interesse. Para avaliar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Komogorov-Smirnov antes e após as transformações. Conclui-se que a funções simétricas de Cauchy-SSF (Capítulo 1) e as funções assimétricas de Aranda-Ordaz, Stukel, Potência e Weibull (Capítulo 2) são mais robustas que Probit na determinação da longevidade de sementes de soja com alta viabilidade inicial, e que as funções de Aranda-Ordaz e Stukel são alternativas para dados com viabilidade inicial abaixo de 80%, principalmente quando os dados não apresentam normalidade.

Palavras-chave: *Glycine max*. Funções simétricas. Funções assimétricas. P_{50} . Viabilidade. Probit

ABSTRACT

The study of longevity seeks to determine the time the seeds are able to maintain their viability when stored under ideal conditions for each species. The usual parameter set to P_{50} evaluates the time the samples or lots lose 50% of their viability. The responses obtained in these studies are binary (dead or living seeds), and should be evaluated by a cumulative distribution in time, being usually used the transformation or binding function, Probit. For species with non-normal results and / or negative non-cumulative behavior, the Probit model did not allow obtaining the P_{50} . Thus other symmetric and asymmetric functions, which have already been applied in the areas of physics and mathematics, may be an alternative. In this context, the objective of this work was to evaluate the different Probit, Logit and Cauchy and asymmetric Aranda-Ordaz, Box-Cox, Log-Log Complement, Logarithm, Stukel and Weibull symmetric binding functions in determining the longevity of soybean seeds. In 10 samples of soybean seeds obtained in the state of Goiás, harvest of 2016/2017, tests of germination, water content, longevity and oil content were performed. Percentage protrusion data (longevity) were transformed by the symmetric and asymmetric functions with adjustments made by linear regression, which allowed the determination of the P_{50} for each sample. The quality of the adjustments were evaluated by the corrected determination coefficient and the percentage of P_{50} included in the range of interest. To evaluate the normality of the data, the Komogorov-Smirnov test was used before and after the transformations. It is concluded that the symmetric functions of Cauchy-SSF (Chapter 1) and the asymmetric functions of Aranda-Ordaz, Stukel, Potency and Weibull (Chapter 2) are more robust than Probit in determining the longevity of soybean seeds with high initial viability , and that the Aranda-Ordaz and Stukel functions are alternatives for data with initial viability below 80%, especially when the data are not normal.

Keywords: *Glycine max*. Symmetric functions, asymmetric functions. P_{50} . Viability. Probit.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO 1 – USO DAS FUNÇÕES DE LIGAÇÃO LOGIT E CAUCHY-SSF COMO ALTERNATIVA PARA ESTIMAR A LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA	21
1.1 INTRODUÇÃO	23
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
1.4 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 2 - FUNÇÕES ASSIMÉTRICAS DE ARANDA-ORDAZ, BOX-COX, COMPLEMENTO LOG-LOG, LOGARITMO, POTÊNCIA, STUKEL E WEIBULL NA DETERMINAÇÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA	41
2.1 INTRODUÇÃO.....	43
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
2.4 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	73
ANEXO	76

CAPÍTULO 1

O USO DE FUNÇÕES DE LIGAÇÃO LOGIT E CAUCHY-SSF COMO ALTERNATIVA PARA ESTIMAR A LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA

RESUMO

A longevidade de sementes é caracterizada como o período máximo de tempo em que uma semente se mantém viável durante o armazenamento. A determinação da longevidade é realizada por uma função de ligação a qual permite estimar o tempo de perda de 50% da viabilidade de sementes (P_{50}) de uma amostra de semente. Os dados obtidos como respostas são binários e representam uma taxa de dispersão da viabilidade acumulada no tempo. Atualmente a função Probit é utilizada, como referência, para estimar o P_{50} , entretanto a falta de normalidade dos dados e o comportamento da sobrevivência das sementes não permitiu a alguns pesquisadores a realização dos ajustes com resultados viáveis em seus dados, o que mostra a necessidade do estudo de outras funções para esta estimativa. Diante deste contexto, este trabalho teve como objetivo verificar o uso das funções de ligação simétricas Logit e Cauchy em comparação com Probit para estimar a longevidade de sementes de soja. Foram obtidas 10 amostras de sementes de soja provenientes do estado de Goiás (Br), sendo realizados testes de teor de água, germinação inicial e longevidade. Os dados de P_{50} foram transformados pelas funções Probit, Logit e Cauchy -SSF, obtendo-se o coeficiente de determinação das regressões. Para a função Probit 80% dos valores de P_{50} estavam fora do intervalo de interesse, para Logit 60% dos valores de P_{50} estimados foram subestimados com relação ao intervalo de interesse (II), no entanto, apenas 20% dos valores de P_{50} estimados pela função de Cauchy-SSF se encontram fora do intervalo de interesse, os quais subestimam esse parâmetro. Portanto, as funções de Cauchy-SSF e Logit estimaram a longevidade de sementes de soja (P_{50}) de forma robusta comparada ao Probit e podem ser utilizadas em estudos da longevidade de sementes de soja. Assim, sugerimos o uso do modelo Cauchy-SSF para estimar a longevidade em sementes de soja quando os dados não seguem distribuição normal.

Palavras-chave: conservação *ex situ*, viabilidade, armazenamento de sementes, banco de sementes.

ABSTRACT

Seed longevity is characterized as the period in which a seed remains viable during storage. Seed longevity is estimated by a Probit transformation that determine the half-viability period (P_{50}) of a seed lot. The obtained data are binary and represent a dispersion of viability accumulated in time. The Probit model assumes a normal distribution of the data. Currently, the Probit function is used as a reference to estimate the P_{50} by converting the cumulative normal distribution to a linear form. However, when the data do not follow a normal distribution there is a need to modify the Probit model or apply other functions to estimate longevity. In this context, the objective of this work was to study the use of the Logit and Cauchy-SSF functions to estimate the longevity of soybean seeds and compare the results with the Probit model. Therefore, ten lots of soybean seeds from five different cultivars were harvested in the state of Goiás- Brazil and used for the determination of water content, germination and longevity. The P_{50} data were transformed by using the functions Probit, Logit and Cauchy-SSF obtaining the coefficient of determination of the regressions. For the Logit function, 60% of the estimated P_{50} values were underestimated relative to the interest interval. However, only 20% of the P_{50} values estimated by the Cauchy-SSF function lied outside the interest interval, which also underestimate this parameter. In contrast, the Probit function underestimated 80% of the P_{50} values in relation to interest interval. Therefore, the Cauchy-SSF and the Logit models were capable to estimate the longevity of soybean seeds (P_{50}) robustly compared to Probit. Thus, we suggest the use of the Cauchy-SSF models to estimate longevity in soybean seeds when the data do not follow a normal distribution.

Key words: *ex situ* conservation, viability; seed storage, climate, seed banks.

não seguiram normalidade, o que justifica a vantagem de Logit comparado as funções com base na distribuição normal.

Tabela 05 - Coeficiente de determinação ajustado utilizando médias e repetições para as Funções Probit, Logit e Cauchy-SSF

Amostra	Coeficiente de determinação corrigido				
	Logit		Cauchy-SSF		
	Probit	Repetições	Média	Repetições	Média
1	0,73	0,75	0,79	0,72	0,64
2	0,79	0,74	0,77	0,69	0,76
3	0,73	0,83	0,83	0,76	0,94
4	0,83	0,89	0,90	0,87	0,87
5	0,67	0,79	0,79	0,84	0,84
6	0,77	0,83	0,84	0,83	0,83
7	0,74	0,82	0,82	0,82	0,75
8	0,90	0,89	0,91	0,82	0,82
9	0,77	0,76	0,82	0,80	0,82
10	0,82	0,84	0,86	0,83	0,84

Finalmente, enfatiza-se a importância deste estudo na estimativa da longevidade em sementes de soja para dados que não seguem uma distribuição normal. No entanto, a quantidade e a complexidade dos cálculos necessários são bastante consideráveis, tornando a estimativa da longevidade rotineiramente bastante trabalhosa. Assim, atualmente, está sendo desenvolvido software para facilitar e acelerar o cálculo da longevidade em sementes de soja.

1.4 CONCLUSÕES

Os lotes de sementes de soja apresentaram variabilidade genética e ambiental, bem como diferentes qualidades fisiológicas iniciais (protrusão radicular).

Logit e Cauchy-SSF estimaram a longevidade em sementes de soja mais robustamente que a função de Probit, quando os dados não apresentaram normalidade.

Independentemente da qualidade fisiológica da semente (protrusão inicial da radícula de 80 a 100%), a função Cauchy-SSF estimou valores de P_{50} dentro da faixa de interesse, mostrando sua superioridade na estimativa da longevidade das sementes.

REFERÊNCIAS

- AMADOR, P. J.; LOPES, S. J.; PEREIRA, J. E.; SOUZA, A. M.; TOEBE, M. Análise das pressuposições e adequação dos resíduos em modelo de regressão linear para valores individuais, ponderados e não ponderados, utilizando procedimentos do SAS®. **Ciência e Natura**, UFSM, 33(2), 2011.
- ANDREOLI, Claudinei. Simplificação da equação de viabilidade para predizer a longevidade de sementes de milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 39, n. 9, p.911-917, set. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2004000900011>.
- BARROS, G. C. O. Models of bankruptcy's companies prediction: empirical application to the case of small and medium Portuguese companies. (Dissertation) - Higher Institute of Labor and Enterprise Sciences - Department of Economics - Lisboa, Portugal, 2008.
- BEWLEY, J. D. et al. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- BONAT, W. H; RIBEIRO JR, P. J.; ZEVIANI, W. M.; Regression models with responses on the unity Interval: specification, estimation and comparison. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v.30, n.4, p.415-431, 2012.
- CLERKX, Emile J. M. et al. Genetic differences in seed longevity of various Arabidopsis mutants. **Physiologia Plantarum**, [s.l.], v. 121, n. 3, p.448-461, Jul. 2004. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0031-9317.2004.00339.x>.
- CRAMER, J. S. The origins and development of the Logit model. University of Amsterdam and Tinbergen Institute, Amsterdam. 2003. Disponível em: <http://www.cambridge.org/resources/0521815886/1208_default.pdf>. Acesso em: 24/08/2018.
- DEBEAUJON, Isabelle et al. Influence of the Testa on Seed Dormancy, Germination, and Longevity in Arabidopsis. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 122, n. 2, p.403-414, 1 fev. 2000. American Society of Plant Biologists (ASPB). <http://dx.doi.org/10.1104/pp.122.2.403>.
- ELLIS, R.H. The meaning of viability. In: DICKIE, J.B.; LININGTON, S.H.; WILLIAMS, J.T. (Eds). Seed management techniques for genebanks: a report of a workshop. Rome: **International Board for Plant Genetic Resources**, 1984. 294p.
- ELLIS, R.H. & E.H. ROBERTS. A revised seed viability nomograph for onion. **Seed Research**, v. 5, p.93–103, 1977.
- ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H.. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v.45, p.13-30, 1980.
- FANTINATIS, J. B.. Viability equations of the Eucalyptus grandis W. HILL ex Maiden e Pinus taeda L seeds. 2006. Doctoral Thesis – University of Campinas, SP, Brazil.

FINNEY, D. J. Probit analysis. 1971. 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

FREITAS, L. R.; MARTINS FILHO, S.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; SILVA, F. F. Comparação das funções de ligação Logit e Probit em regressão binária considerando diferentes tamanhos amostrais **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 29-36, 2013.

HAY, Fiona R.; MEAD, Andrew; BLOOMBERG, Mark. Modelling seed germination in response to continuous variables: use and limitations of probit analysis and alternative approaches. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 24, n. 03, p.165-186, 7 jul. 2014. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s096025851400021x>.

HILL, H.J.; CUNNINGHAM, J. D.; BRADFORD, K.J.; TAYLOR, A.G. Primed Lettuce Seeds Exhibit Increased Sensitivity to Moisture Content During Controlled Deterioration. **HortScience** October 2007 42:1436-1439

KRAAK, H.L. AND VOS, J.. Seed viability constants for lettuce. **Annals of Botany** 59, 343–349, 1987.

LOPES, J. F.. Equating of longevity of tomato seeds. Dissertation – Federal University of Viçosa. p.56, 2007.

MEAD, A.; GRAY, D.. Prediction of seed longevity: a modification of the shape of the Ellis and Roberts seed survival curves. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 9, n. 01, p.63-73, jan. 1999. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0960258599000070>.

PEREIRA LIMA, J. J.; BUITINK, J.; LALANNE, D.; ROSSI, R. F.; PELLETIER, S.; DA SILVA, E. A. A., et al. Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. **PLoS ONE** 12(7): e0180282. 2017. <http://doi.org.10.1371/journal.pone.0180282>

PEREIRA NETO, Leonel Gonçalves. Longevidade de sementes de *Astronium fraxinifolium* Schott: estudos fisiológicos, bioquímicos e moleculares. 2016. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Agricultura, Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Botucatu, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148714>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

PRIESTLEY, D. A.; CULLINAN, V. I.; WOLFE, J.. Differences in seed longevity at the species level. **Plant, Cell and Environment** v. 8, p.557–562, 1985.

R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROBERTS, E.H. Storage environment and the control of viability. In: ROBERTS, E.H. (Ed.). **Viability of seeds**. New York: Syracuse University Press, p.14-58, 1972.

ROOS, E. E. & DAVIDSON, D. A.. Record longevities of vegetable seeds in storage. **HortScience** v. 27, p.393–396, 1992.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Função de ligação de Cauchy para avaliação de P_{50} de longevidade de sementes de soja. **Caderno de Trabalhos do III Encontro Luso-Galaico de Biometria**, Aveiro – Portugal, 2018.

SCHNEIDER, Cristina Fernanda et al. Equações de longevidade para sementes de pau-marfim. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.53-59, 2017. Editora Cubo Multimídia. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2259>.

SINÍCIO, R. et al. Initial quality equation of corn and soybean seeds for application in the Probit model. **Rev. bras. Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 122-130, 2009.

SINÍCIO, R. Longevity equation for jaboticaba seeds (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg). **Eng. Agric**, v.21, n.4, p.323-333, 2013.

SINÍCIO, R.. Mathematical modeling of the longevity of camu-camu seeds. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p.203-211, 2015.

TANG, Shande et al. An Alternative Model to Predict Corn Seed Deterioration during Storage. **Crop Science**, [s.l.], v. 40, n. 2, p.463-470, 2000. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.402463x>.

TANG, Shande et al. Survival Characteristics of Corn Seed during Storage: I. Normal Distribution of seed survival Kentucky Agric.. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 5, p.1394-1400, 1999a. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1999.3951394x>.

TANG, Shande et al. Survival Characteristics of Corn Seed during Storage. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 5, p.1400-1406, 1999. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1999.3951400x>.

VERDIER, J. et al.. A Regulatory Network-Based Approach Dissects Late Maturation Processes Related to the Acquisition of Desiccation Tolerance and Longevity of *Medicago truncatula* Seeds. *Plant Physiology*, [s.l.], v. 163, n. 2, p.757-774, 2013. 8 ago. 2013. American Society of Plant Biologists (ASPB).

CAPÍTULO 2

FUNÇÕES ASSIMÉTRICAS DE ARANDA-ORDAZ, BOX-COX, COMPLEMENTO LOG-LOG, LOGARITMO, POTÊNCIA, STUKEL E WEIBULL PARA DETERMINAÇÃO DE LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA

RESUMO

Os dados observados na longevidade de sementes são binários, e para seu equacionamento foi proposto a transformação com uso da função de Probit. As propriedades da função limitam seu uso para dados não normais, que apresentam falta de comportamento cumulativo negativo e quando a viabilidade inicial não se aproxima de 100%, assim uma alternativa mais robusta de estimação, pode ser as funções assimétricas, no entanto, essas necessitam a definição de seus parâmetros extras e correções de assimetria. Neste trabalho objetivou-se avaliar as funções de ligação assimétricas Aranda-Ordaz, Box-Cox, Complemento Log-Log, Logaritmo, Potência, Stukel e Weibull comparadas a função Probit na estimação do parâmetro P_{50} para dados de longevidade de sementes de soja. Foram utilizadas 10 amostras de 5 cultivares de sementes soja obtidas no estado de Goiás, Brasil, diferenciadas pelo tamanho da peneira, foram realizados testes de teor de água, teor de óleo, germinação e longevidade. Os dados de P_{50} foram transformados pelas funções Probit, Aranda-Ordaz, Box-Cox, Complemento Log-Log, Logaritmo, Potência, Stukel e Weibull, obtendo-se o coeficiente de determinação das regressões. As funções assimétricas permitiram estimativas de P_{50} mais robustas que Probit. Aranda-Ordaz, Stukel, Potência e Weibull são recomendadas para determinação de P_{50} em longevidade de sementes de soja com alta viabilidade inicial, para amostras com viabilidade abaixo de 80% a função de Aranda-Ordaz, Stukel, Logaritmo propiciam a estimação mais robusta do P_{50} .

Palavras-chave: funções de ligação, P_{50} , viabilidade, conservação *ex situ*, armazenamento de sementes.

ABSTRACT

The data observed in the seed longevity are binary, and for its equation the transformation with the use of the Probit function was proposed. The properties of the function limit its use to non-normal data, which have a negative cumulative behavior and when the initial viability does not approach 100%, thus a more robust alternative of estimation, it may be the asymmetric functions, however, these require the definition of its extra parameters and asymmetry corrections. The objective of this work was to evaluate the asymmetric linkage functions Aranda-Ordaz, Box-Cox, Log-Log Complement, Logarithm, Power, Stukel and Weibull compared to the Probit function in the estimation of parameter P_{50} for soybean longevity data. Ten samples of 5 soybean cultivars obtained in the State of Goiás, Brazil, differentiated by sieve size, were tested for water content, oil content, germination and longevity. The P_{50} data were transformed by the Probit, Aranda-Ordaz, Box-Cox, Log-Log Complement, Logarithm, Potency, Stukel and Weibull functions, obtaining the coefficient of determination of the regressions. Asymmetric functions allowed for more robust P_{50} estimates than Probit. Aranda-Ordaz, Stukel, Stukel, and Weibull are recommended for determination of P_{50} in longevity of soybean seeds with high initial viability, for samples with viability below 80% the Aranda-Ordaz, Stukel and Logarithm function provide the most robust estimation of P_{50} .

Key words: link functions, P_{50} , viability, *ex situ* conservation, seed storage.

A função de Stukel, assim como Aranda-Ordaz estimou o P_{50} dentro do intervalo de interesse para 7 amostras, utilizando o caso 1, acredita-se que a robustez dessa função tenha sido em relação ao parâmetro extra ($\delta = 1,45$) determinado, pois possibilitou a simetria da função no ponto de 50%. Observa-se também que os parâmetros de K_i e $(1/\sigma)$ sofreram pouca variação entre si, no entanto esta não pode ser comparada a função Probit, devido a diferença encontrada no intervalo de definição da função.

Ressalta-se ainda que as funções de Aranda-Ordaz e Stukel também foram capazes de estimar P_{50} dentro do intervalo de interesse em amostras com baixa viabilidade inicial. Aranda-Ordaz (1981) relatou que seu modelo assimétrico era uma forma de abranger escalas alternativas, em dados binários, o que corrobora com os P_{50} , K_i e $(1/\sigma)$ determinados neste trabalho.

Os coeficientes de determinação para as funções em seus melhores casos, quando estimou-se corretamente o P_{50} , foi superior a 70% para a função de Aranda-Ordaz estimando de forma adequada para 8 das amostras avaliadas, o mesmo foi observado para as funções de Stukel e Potência. Weibull teve os menores valores observados para o coeficiente de determinação corrigido, variado entre 50% e 80%. A função de Weibull é conhecida por sua plasticidade (JORGE; VEIGA; PONTINHA, 1990), o que se sugere mais estudos para essa função, pois acredita-se na possibilidade de obtenção de coeficientes mais robustos.

As limitações das funções assintóticas podem oscilar conforme correção aplicada, nota-se que é necessário delimitar sua área de abrangência, alguns softwares podem fazer o descarte automático desses valores (0,1), entretanto, aqui verifica-se que os casos de sementes iniciadas em 100% as influências nos modelos são maiores ($\rightarrow\infty$), como visto em Weibull (Anexo A).

De tal modo, sugere-se avaliação do P_{50} da longevidade de sementes de soja pelas funções Aranda-Ordaz, Stukel, Potência e Weibull avaliando-se dentre essas aquela que melhor define o intervalo de interesse obtido pelos dados experimentais.

2.4 CONCLUSÕES

O teor de óleo para uma mesma cultivar, quando a diferença em média é acima de 1,5%, associado ao maior tamanho da semente mostraram influência na determinação da longevidade de sementes de soja.

As funções assimétricas permitiram estimativas de P_{50} mais robustas que Probit, sendo recomendado o uso de Aranda-Ordaz, Stukel, Potência e Weibull, para determinação de P_{50} em longevidade de sementes de soja, com alta viabilidade inicial.

Para sementes com viabilidade inicial abaixo de 80% as funções de Aranda-Ordaz e Stukel apresentaram resultados mais robustos.

Recomenda-se utilizar os dados sem transformação para as funções de Aranda-Ordaz e Stukel. No entanto as funções Potência e Weibull necessitam da exclusão do tempo 0 (dado inicial), não sendo possível definir quanto a necessidade de correção dos dados em 95%.

Portanto mais estudos são necessários para definir funções adequadas considerando as diferenças de deterioração das sementes.

REFERENCIAS

ARANDA-ORDAZ, Francisco J.. On two families of transformations to additivity for binary response data. **Biometrika**, [s.l.], v. 68, n. 2, p.357-363, 1981. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/biomet/68.2.357>.

BLISS, C. I.. The calculation of the dosage-mortality curve. **Annals Of Applied Biology**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.134-167, fev. 1935. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1935.tb07713.x>.

CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B.. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (coords.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.333-350.

CARON, R.; POLPO, A.; GOGGANS, P. M.; CHAN, C. Y. Binary data regression: Weibull distribution. **Aip Conference Proceedings**, v.1193, n.1, p.187-193, 2009.

CARON, R. **Regressão de dados binários: Distribuição Weibull**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 2010.

CHEN, Ming-hui; DEY, Dipak K.; SHAO, Qi-man. A New Skewed Link Model for Dichotomous Quantal Response Data. **Journal Of The American Statistical Association**, [s.l.], v. 94, n. 448, p.1172-1186, dez. 1999. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/2669933>.

CORDEIRO, G.; DEMÉTRIO, C. Modelos lineares generalizados. In: **Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrônômica**. SEAGRO, 12.; reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria. RBRAS, 52., 2007, Santa Maria. Minicurso. Santa Maria: UFSM, 2007.

ELLIS, R.H. The meaning of viability. In: DICKIE, J.B.; LININGTON, S.H.; WILLIAMS, J.T. (Eds). Seed management techniques for genebanks: a report of a workshop. Rome: **International Board for Plant Genetic Resources**, 1984. 294p.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v.45, p.13-30, 1980.

GUMBEL, E. J. Les valeurs extremes des distributions statistiques. **Annales de l'Institut Henri Poincare**, v.5, n.2, p.115-158, 1935.

JORGE, L. A. B.; VEIGA, R. A de; PONTINHA, A. de A. S. A função de Weibull no estudo de distribuições diamétricas em povoamentos de *Pinus elliottii* na estação Experimental de Itapeva. **IPEF**, Piracicaba, v.443, p.54-60, 1990.

KRUSE, M.; GHIASI, K. G.; SCHMOHL, S.. **The seed viability equation for analysing seed storage behaviour**: Uhoh: University Of Hohenheim, 2005.

McCULLAGH, P.; NELDER, J. A.. **Generalized Linear Models**. 2nd Edition, Chapman and Hall, London. 1989.

NAGEL, M.; BÖNNER, A.. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. **Seed Science Research**, Zurich, v. 20, p. 1-12, 2010.

PÁDUA, Gilda Pizzolante de et al. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, [s.l.], v. 32, n. 3, p.9-16, set. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222010000300001>.

PAULA, G. A.. **Modelos de Regressão com apoio computacional**. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade de São Paulo. 2004.

PEREIRA LIMA, J. J.; BUITINK, J.; LALANNE, D.; ROSSI, R. F.; PELLETIER, S.; DA SILVA, E. A. A., et al. Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. **PLoS ONE** 12(7): e0180282. 2017. <http://doi.org.oiolo.sci-hub.cc/10.1371/journal.pone.0180282>

PETTERLE, Ricardo Rasmussen et al.. Comparação e Aplicação de modelos de regressão binária na retenção de capacetes de motocicletas. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 35, n. 2, p.266-282, 2017.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROBERTS, E. H.. Storage environment and the control of viability. In: ROBERTS, E. H. (Ed.). **Viability of seeds**. New York: Syracuse University Press, p.14-58, 1972.

RODRIGUES, C. **Plantabilidade de sementes de soja classificadas por largura**. 2012. 75 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012. Cap. 3. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1399/1/tese_claiton_rodrigues.pdf> . Acesso em: 10 nov. 2018.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Função de ligação de Cauchy para avaliação de P₅₀ de longevidade de sementes de soja. **Caderno de Trabalhos do III Encontro Luso-Galaico de Biometria**, Aveiro – Portugal, 2018.

SARTORI, M. M. P.; CANTÃO; R. F.; FARIA, R.Q.; SILVA, E.A.A. Desenvolvimento de um software para avaliação da germinação e longevidade de sementes. **Informativo Abrates**. Volume 27 - nº 2, agosto de 2017.

STEWART, R. R. C. & BEWLEY, J, D.. Lipid peroxidation associated with accelerated aging in soybean axes, - **Plant Physiol**. v. 65, p.245-248,1980.

TANG, Shande et al. An Alternative Model to Predict Corn Seed Deterioration during Storage. **Crop Science**, [s.l.], v. 40, n. 2, p.463-470, 2000. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.402463x>.

TANG, Shande et al. Survival Characteristics of Corn Seed during Storage. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 5, p.1394-1400, 1999. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1999.3951394x>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de soja avaliadas apresentaram diferentes comportamentos durante a longevidade total.

O teor de óleo para uma mesma cultivar, quando a diferença em média é acima de 1,5%, associado ao maior tamanho da semente mostraram influência na determinação da longevidade de sementes de soja.

O uso das funções simétricas e assimétricas estimaram a longevidade em sementes de soja mais robustamente que a função de Probit, quando os dados não seguem distribuição normal.

Contudo, para as funções simétricas a função de Cauchy-SSF foi a que apresentou a maioria dos resultados dentro do intervalo de interesse.

Os usos das funções de Aranda-Ordaz, Stukel, Potência e Weibull são recomendadas para determinação de P_{50} em longevidade de sementes de soja com alta viabilidade inicial. Para amostras com viabilidade abaixo de 80% a função de Aranda-Ordaz e Stukel propiciam a estimação mais robusta.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, Claudinei. Simplificação da equação de viabilidade para predizer a longevidade de sementes de milho e soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 911-917, Sept. 2004.
- ARANDA-ORDAZ, Francisco J.. On two families of transformations to additivity for binary response data. **Biometrika**, [s.l.], v. 68, n. 2, p.357-363, 1981. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/biomet/68.2.357>.
- BARROS, G, C, O. Modelos de previsão da falência de empresas: aplicação empírica ao caso das pequenas e médias empresas portuguesas. (Dissertação) - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa - Departamento De Economia - Lisboa, Portugal, 2008.
- BEWLEY, J. D. et al. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- BLISS, C.I. The calculator of the dosage-mortality curve. **Annals of Applied Biology**, v.22, p.134-167, 1935.
- BONAT, W. H; RIBEIRO JR, P. J.; ZEVIANI, W. M.; Regression models with responses on the unity Interval: specification, estimation and comparison. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v.30, n.4, p.415-431, 2012.
- BUITINK, J.; LEPRINCE, O. Glass formation in plant anhydrobiotes: survival in the dry state. **Cryobiology**. v.48, p.215–228, 2004.
- CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (coords.). **Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES**, p.333-350, 1993.
- CARON, R.; POLPO, A.; GOGGANS, P. M.; CHAN, C. Y. Binary data regression: Weibull distribution. **Aip Conference Proceedings**, v.1193, n.1, p.187-193, 2009.
- Companhia de Abastecimento Nacional (CONAB). 2018.
- CHÂTELAIN, E. et al. Temporal profiling of the heat-stable proteome during late maturation of *Medicago truncatula* seeds identifies a restricted subset of late embryogenesis abundant proteins associated with longevity. **Plant Cell Environment**, Chichester, v. 35, p. 1440-1455, 2012.
- CORDEIRO, G.; DEMÉTRIO, C. Modelos lineares generalizados. In: Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrônômica. SEAGRO, 12.; reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria. RBRAS, 52. 2007, Santa Maria. Minicurso. Santa Maria: UFSM, 2007.
- CRAMER J. S. The origins and development of the Logit model. University of Amsterdam and Tinbergen Institute, Amsterdam, 2003. Disponível em:

<http://www.cambridge.org/resources/0521815886/1208_default.pdf>. Acesso em: 25-07-17.

DONA, M. et al. DNA profiling, telomere analysis and antioxidant properties as tools for monitoring ex situ seed longevity. **Annals of Botany**, London, v. 111, p. 987-998, 2013.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H.. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v.45, p.13-30, 1980.

FREITAS, L. R.; MARTINS FILHO, S.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; SILVA, F. F. Comparação das funções de ligação Logit e Probit em regressão binária considerando diferentes tamanhos amostrais **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 29-36, 2013.

GUMBEL, E. J. Les valeurs extremes des distributions statistiques. **Annales de l'Institut Henri Poincare**, v.5, n.2, p.115-158, 1935.

HAY, Fiona R.; MEAD, Andrew; BLOOMBERG, Mark. Modelling seed germination in response to continuous variables: use and limitations of probit analysis and alternative approaches. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 24, n. 03, p.165-186, 7 jul. 2014. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s096025851400021x>.

HILL, H. J.; CUNNINGHAM, J. D.; BRADFORD, K. J.; TAYLOR, A. G. Primed Lettuce Seeds Exhibit Increased Sensitivity to Moisture Content During Controlled Deterioration. **HortScience** October 2007 42:1436-1439

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de Regressão: Uma introdução à Econometria**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, p. 379, 1983.

KRUSE, M.; GHIASI, K. G.; SCHMOHL, S.. **The seed viability equation for analysing seed storage behaviour**: Uhh: University Of Hohenheim, 2005.

MEAD, A.; GRAY, D.. Prediction of seed longevity: a modification of the shape of the Ellis and Roberts seed survival curves. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 9, n. 01, p.63-73, jan. 1999. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0960258599000070>.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized linear models**. 2nd ed. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida. 1989

PAULA, G. A.. **Modelos de Regressão com apoio computacional**. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade de São Paulo. 2004.

PEREIRA NETO, Leonel Gonçalves. Longevidade de sementes de *Astronium fraxinifolium* Schott: estudos fisiológicos, bioquímicos e moleculares. 2016. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Agricultura, Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Botucatu, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148714>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

PETTERLE, Ricardo Rasmussen et al. Comparação e Aplicação de modelos de regressão binária na retenção de capacetes de motocicletas. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 35, n. 2, p.266-282, 2017.

ROBERTS, E.H. Storage environment and the control of viability. In: ROBERTS, E.H. (Ed.). **Viability of seeds**. New York: Syracuse University Press, p.14-58, 1972.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Análise de germinação – um enfoque estatístico. Universal de Brasília, p.258, 2004.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Função de ligação de Cauchy para avaliação de P_{50} de longevidade de sementes de soja. **Caderno de Trabalhos do III Encontro Luso-Galaico de Biometria**, Aveiro – Portugal, 2018.

SARTORI, M. M. P.; CANTÃO; R. F.; FARIA, R. Q.; SILVA, E. A. A.. Desenvolvimento de um software para avaliação da germinação e longevidade de sementes. **Informativo Abrates**. Volume 27 - nº 2, agosto de 2017.

SOUSA, I. F. Ajuste de modelos não lineares na descrição de germinação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) CV. Catuaí. Dissertação como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Estatística e experimentação agropecuária – UFLA. 2012.

STUKEL, T. A. Generalized logistic models. **Journal of the American Statistical Association**, v.83, n.402, p.426-431, 1988.

TANG, Shande et al. Survival Characteristics of Corn Seed during Storage. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 5, p.1400-1406, 1999. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1999.3951400x>