

DESEMPENHO DE LINHAGENS DE SOJA VIA MODELOS MISTOSJean Newton Marques¹, Márcia Marise de Freitas Cação² e Juliana Parisotto Poletine¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus Regional de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

E-mail: jeanmarques.n@gmail.com; jppoletine@uem.br

²APTA, APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Assis. Rodovia SP 333 (Assis-Marília) km 397, CEP 19.805-000, Assis, SP. E-mail: marcia.rodriques@sp.gov.br

RESUMO: A soja tem fundamental importância no cenário agrícola atual, com diversas utilidades em diferentes seguimentos, por isso estudos que tangem o seu rendimento de produtividade são essenciais. O melhoramento genético vem sendo uma das principais ferramentas que almejam o ganho de rendimento de produção. O sucesso desses programas, sobretudo, está na adoção de acurados procedimentos de seleção, onde se procura estimar os componentes de variância e predição de valores genéticos visando à avaliação genética dos candidatos à seleção. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi identificar linhagens de soja em múltiplos ambientes, assim como selecionar linhagens com melhor comportamento segundo critério simultâneo da produtividade, estabilidade e adaptabilidade, quanto ao rendimento de grãos, via modelos mistos podendo ser recomendada como cultivar. O trabalho foi conduzido com oito linhagens, sendo duas cultivares comerciais e as mesmas foram testadas em 10 localidades por duas safras agrícolas, 2017/2018 e 2018/2019. A característica avaliada foi produtividade em kg ha⁻¹. Os resultados obtidos foram avaliados primeiramente por análise de variância, onde a média dos coeficientes de variação foi de 11,02%. Em seguida via modelos mistos, utilizando-se o Modelo 114 do software Selegen REML/BLUP, verificou-se efeito significativo para interação genótipos x locais x anos (Vgla). Pelos resultados obtidos, oriundos da modelagem mista, segundo o critério de rendimento de grãos, podem ser indicadas as linhagens G1, G3, G4 e G6 como promissoras para seleção dentro de programas de melhoramento.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*; melhoramento genético; produtividade; ambientes.

PERFORMANCE OF SOYBEAN LINES VIA MIXED MODELS

ABSTRACT: Soybeans have fundamental importance in the current agricultural scenario, with several utilities in different segments, so study that concern sour yield are essential. Genetic improvement has been one of the main tools that aim to gain production yield. The success of these programs, above all, lies in the adoption of accurate selection procedures, where we seek to estimate variance components and prediction of genetic values aiming at the genetic evaluation of candidates for selection. In this way, the objective of this work was to identify soybean lines in multiple environments, as well as to select soybean lines with better behavior according to simultaneous criterion of grain yield, stability and adaptability, regarding grain yield, via mixed models, in order to be recommended as cultivar. The work was conducted with eight lines, two commercial cultivars, that were tested in 10 localities for two agricultural seasons, 2017/2018 and 2018/2019. Criteria evaluated were grain yield in kg ha⁻¹. The results obtained were first evaluated by variance analysis, where of variation coefficient was 11.02%. Then, by mixed models using model 114 of Selegen Software REML/BLUP, there was a significant effect for triple interaction: genotypes x sites x years

(Vgla). The results obtained, derived from mixed modeling, according to the grain yield criterion, showed that G1, G3, G4 and G6 lines may be indicated as promising for selection within breeding programs.

KEY WORDS: *Glycine max*; genetic improvement; grain yield; environment.

INTRODUÇÃO

A soja pertence ao reino Plantae, seu gênero é *Glycine* e a sua espécie é *Glycine max* (Sedyama et al., 2009). O ciclo da cultura pode variar de 70 a 200 dias, dependendo de condições ambientais do local e da cultivar se é precoce ou tardia, no Brasil as cultivares possuem em média 100 a 160 dias (Matsuo et al., 2015). A soja é da espécie autógama, cleistogâmica, ou seja, a fecundação da soja ocorre antes da abertura do botão floral (Sedyama et al., 2009).

Denominado o principal produto agrícola, a soja é destaque dentre as exportações brasileiras, sendo responsável pelo aumento da colheita de grãos. Segundo Conab (2019), na safra 2017/18 o Brasil produziu cerca de 119,2 milhões de toneladas, em área de 35,1 milhões de hectares. Conforme a Conab (2018), os Estados Unidos da América eram o primeiro produtor mundial de soja e os dados da safra 2017/2018 foram de aproximadamente 116.995,9 mil toneladas de soja, na área de 35 mil hectares.

Atualmente, a cultura da soja em nível mundial apresentou produção de 337.298 milhões de toneladas, com a área plantada de 122,647 milhões de hectares na safra 2019/2020 (USDA, 2020). A safra de soja 2020/2021 ocorreu um aumento de 8,6%, quando comparada com a anterior. A produção foi de 135,54 milhões de toneladas, com o aumento motivado pela alta dos preços internacionais e pela forte demanda interna e externa. Já para o estado do Paraná a safra 2020/21, a colheita se aproxima do fim com aproximadamente 98% da área colhida e existem relatos que a esta oleaginosa resultará com produção menor que 20 milhões de toneladas (Conab, 2021).

A implantação de programas de melhoramento genético de soja no Brasil auxiliou para o avanço de culturas e cultivares que possuem baixas latitudes, pelas condições de fotoperíodo (Kiihl e Garcia, 1989). O incremento da produção e produtividade está intimamente relacionado com a melhoria do manejo cultural, mecanização, novas tecnologias, práticas agrônômicas adequadas e pelo uso de cultivares melhoradas geneticamente. (Cruz et al., 2012). Estima-se que cerca de 50% do aumento de produtividade das espécies cultivadas seja atribuída ao melhoramento genético (Raposo et al., 2000).

A interação do genótipo com o ambiente ocorre, pois há diferentes genótipos testados em diferentes ambientes, podendo ser simples quando são proporcionadas pela diferença entre a variabilidade, porém, pode ser complexa quando ocorre a falta de correlação entre o genótipo em ambientes distintos e apresenta a inconsistência na superioridade de genótipos com variação do ambiente (Robertson, 1959). O número de interações pode ser reduzida quando são utilizadas cultivares específicas para cada ambiente, por exemplo, é utilizado a alternativa de regiões que apresentam semelhanças ambientais, nas quais as mesmas a interação passa a ser não-significativa (Allard e Bradshaw, 1964). Por isso selecionar genótipos superiores não é algo fácil, pois as características de importância na maioria das vezes são quantitativas e podem ser influenciadas pelo ambiente (Cruz et al., 2012).

Uma das barreiras ao alcance de ganhos genéticos mais significativos no melhoramento de plantas é a baixa acurácia seletiva. Algumas alternativas contornam essas barreiras, para tanto, segundo (Resende, 2007) o procedimento mais preciso de predição de valores genéticos é o BLUP (melhor predição linear não viesada), com uso de componentes de variância estimados via REML (máxima verossimilhança restrita). Em função disso o procedimento ótimo de avaliação genotípica refere-se ao REML/BLUP (máxima verossimilhança residual ou restrita/melhor predição linear não viciada), também denominado de forma genérica de metodologia de modelos mistos.

Tais procedimentos lidam naturalmente com o desbalanceamento conduzindo a estimativas e predições mais precisas de parâmetros genéticos e valores genéticos, respectivamente (Resende, 2006). A mesma tem aplicabilidade em diversas áreas como a aplicação em ciências agrárias, saúde (Littell, 2002). A utilização de modelagem mista tem apresentado expressivos ganhos genéticos, para os índices de seleção afim de aperfeiçoamento de predição de respostas e aos programas de melhoramento genético (Gonçalves e Fritsche Neto, 2012).

Para Cruz et al. (2012), a adaptabilidade e estabilidade auxilia na identificação de genótipos e que eles devem ser responsivos as possíveis variações ambientais, além de minimizar a interação do genótipo x ambiente, o grau de representatividade dos ensaios e a redução de número de ambientes.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar o comportamento de linhagens de soja em múltiplos ambientes, assim como selecionar o melhor comportamento, segundo critério simultâneo da produtividade, estabilidade e adaptabilidade, para o rendimento de grãos, via modelos mistos, podendo ser recomendada como cultivar.

REVISÃO

Características gerais da cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta de ciclo anual, amplamente cultivada, tem como centro de origem o continente asiático e possui grande destaque no cenário agrícola mundial e Brasileiro (Sediyama e Oliveira, 2016). A soja é uma planta herbácea, com germinação epígea, com hábito de crescimento ereto a prostrado, tipo de crescimento podendo ser determinado, semi determinado e indeterminado (Matsuo et al., 2015).

A soja é uma planta originalmente de clima temperado (China), porém antes de ser introduzida no Brasil, foi cultivada na Europa e Estados Unidos, onde se iniciou a seleção de plantas mais adaptadas e produtivas (Silva et al., 2015). O primeiro relato de introdução da soja no Brasil ocorreu em 1882 na Bahia, onde não apresentou adaptação. Em 1891 foi introduzida no Rio Grande do Sul, onde devido as condições climáticas e fotoperíodo semelhantes aos EUA, a soja apresentou bom desempenho (Sediyama et al., 2015). A restrição da região de plantio foi primeira barreira rompida pelo melhoramento para expansão da soja no cenário brasileiro, com a introdução do gene de período juvenil longo, possibilitou a ampla adaptação em diferentes ambientes, podendo ser plantada desde o sul ao norte do Brasil (Silva et al., 2015).

Sua altura pode variar entre 0,50 a 1,10 metros de altura. O número de dias para maturação fisiológica varia de 75 a 200 dias, porém a média das cultivares comercialmente plantadas no Brasil varia de 100 a 145 dias. Outro modo comumente utilizado para classificar as cultivares de soja quanto ao número de dias para maturidade plena é pelo grupo de maturidade (GM), onde os valores podem variar entre 5 a 10, sendo que os menores valores indicam cultivares mais precoces (90-105 dias), sendo caracterizadas como adaptadas para a região sul do País, já os maiores valores relativos representam cultivares tardias (130-145 dias), indicadas para regiões de latitudes mais próximas do equador (Sediyama e Oliveira, 2016).

Importância socioeconômica da cultura da soja

A soja tem sido o quarto grão mais consumido e produzido globalmente, atrás de milho, trigo e arroz, além de ser a principal oleaginosa cultivada anualmente no mundo. Adicionalmente, no período entre os anos agrícolas 2000/01 e 2018/19, a soja é a culturas que apresenta a maior taxa de crescimento absoluto para produção, com 105%, comparando com o milho no mesmo período que obteve 86% (Amis, 2019). No Brasil é a principal cultura em

área plantada (36.949 mil ha) e em produção (120.936,4 mil t), ano agrícola 2019/20 (Conab, 2020).

Segundo estimativas da USDA (United States Department of Agriculture), departamento americano que monitora dados agrônômicos desde 1963, estima que a produção mundial de soja no ano agrícola 21/22 atingirá 144.000 milhões de toneladas, consagrando o Brasil como maior produtor mundial, os Estados Unidos na segunda colocação estima a produção em 119.884 milhões de toneladas (USDA, 2020). Esses valores evidenciam a grande importância da soja no cenário socioeconômico mundial e principalmente brasileiro.

Os fatores que contribuem para o expressivo destaque e crescimento da produção de soja podem ser justificados por diversos fatores, porém podemos condensar em três pilares principais. O primeiro pilar é a logística e estruturação sólida da rede de mercado internacional relacionado com o comércio de produtos do complexo agroindustrial da soja (Hirakuri e Lazzarotto, 2014). A soja é amplamente comercializada e distribuída interna e externamente, agrupando milhares de empresas, desde pequenos revendedores de insumos a grandes transnacionais. Isto se deve aos mercados sólidos estabelecidos para os seus produtos derivados, farelo e óleo (Hirakuri et al., 2018). Segundo, consolidação da soja como formidável fonte de proteína vegetal, principalmente pela crescente demanda dos setores ligados à produção de produtos de origem animal (Hirakuri e Lazzarotto, 2014).

O farelo de soja é insumo fundamental para nutrição animal, destacadamente de aves, suínos e bovinos confinados. Com o aumento de consumo de proteína animal, a demanda do referido farelo tem crescido gradualmente, sobretudo em países produtores de carnes como China e Brasil (Hirakuri et al., 2018). E o terceiro pilar é a geração e oferta de tecnologias, que viabilizaram a expansão da exploração sojícola para diversas regiões do mundo (Hirakuri e Lazzarotto, 2014).

2.3 Melhoramento genético de soja

O melhoramento de plantas é uma das estratégias para aumento de produtividade de forma sustentável e atualmente exige-se que os procedimentos sejam cada vez mais rápidos, com menores custos e cada vez mais eficientes (Borém e Miranda, 2013).

Programas de melhoramento visam de forma geral caracteres agrônômicos, como ciclo de dias para maturação fisiológica, tipo e hábito de crescimento, resistência a acamamento e deiscência de vagens, altura de planta e da inserção da primeira vagem, resistências a pragas e doenças, tolerância a herbicidas, incremento no teor de proteína e óleo e produtividade

(Sedyama et al., 2015). O aumento da produtividade é considerado de máxima importância, e tem sido alcançado por meio do uso de insumos, práticas agronômicas adequadas e cultivares melhoradas (Borém e Miranda, 2013). A produtividade média de grãos de soja no Brasil na safra 2019/20 é de 3.273 kg ha⁻¹ (Conab, 2020), porém em condições adequadas de solo e clima, a produtividade da soja tem sido em torno de 4.200 a 4.500 kg ha⁻¹, e em condições experimentais a soja possui potencial para superar 9.000 kg ha⁻¹ (Sedyama, et al., 2015).

A produção de grãos é intensamente influenciada pela interação genótipo x ambiente (IGA), por ser controlada por muitos genes e se constituir em um índice de seleção natural considerando uma série de características fisiológicas, anatômicas e agronômicas. Porém, tanto a produção, como o teor de proteínas e óleo, sofre mais com o efeito do ano de plantio do que com o efeito de local de plantio (Pereira, 2016).

2.4 Interação genótipo x ambiente (G x A)

A interação G x A é uma importante e desafiante condição imposta aos melhoristas. Consiste na alteração no desempenho relativo dos genótipos, em relação aos diferentes ambientes, onde o ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas que não tenham origem genética (Borém e Miranda, 2013).

Pode ser classificada em dois tipos: simples e complexa. A interação simples é proporcionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, de forma que a posição relativa desses genótipos não é alterada. Essa interação facilita a seleção de genótipos e a sua indicação à um determinado ambiente, logo que os melhores genótipos apresentam bons desempenho em todos os ambientes (Cruz et al., 2012). A interação complexa ocorre pela falta de correlação entre os desempenhos dos genótipos, de modo que esses apresentam diferentes respostas em diferentes ambientais, causando alteração na sua classificação nos diferentes ambientes. Isso implica na dificuldade de recomendar um cultivar, tornando-os restritos a ambientes específicos. (Cruz et al., 2012; Montalván et al., 1999).

Na etapa final do programa de melhoramento, as empresas obtentoras de cultivares conduzem ensaios durante dois anos, em pelo menos um local por região edafoclimática (REC). Para fins de determinação dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), nesse momento, as cultivares são avaliados em diferentes safras, épocas e diversos ambientes, de modo a acentuar e determinar interação genótipo x ambiente, podendo assim identificar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos (Mapa, 2019; Silva et al., 2015).

As regiões sojícolas que norteiam a indicação de cultivares foram criadas devido à diversidade de ecossistemas e tipos de solo e clima (latitude e altitude) do país, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pautada por recomendações da Embrapa Soja e pesquisadores de outras instituições, estabeleceram cinco macrorregiões sojícolas (MRS) e 20 regiões edafoclimáticas (REC) distintas para pesquisa e indicação de cultivares, onde são testados os ensaios de VCU. O objetivo é que os obtentores indiquem as respectivas cultivares segundo as macrorregiões e regiões edafoclimáticas (Kaster e Farias, 2012).

Alguns mecanismos podem ser usados para atenuar o efeito da interação, como a identificação de cultivares específicos para cada ambiente. O uso do zoneamento agrícola consiste em dividir e agrupar regiões com ambientes semelhantes, com clima e solo parecidos, além da identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica (Montalván et al., 1999).

Apesar de serem de grande importância para o melhoramento, estudo da interação G x A, não proporcionam informações sobre o comportamento de cada genótipo diante das variações ambientais. Para esse objetivo ser alcançado são realizados os estudos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, onde uma das alternativas para se amenizar a influência dessa interação, é o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (Cruz et al., 2012).

2.5 Adaptabilidade e estabilidade

Estudos de adaptabilidade e estabilidade são úteis, pois, dependendo da metodologia utilizada, informações do ambiente podem ser obtidas, caracterizando-o como favorável ou desfavorável. Além disso, também é possível adquirir informações sobre o genótipo, identificando aquele com capacidade de aproveitar o estímulo do ambiente, apresentar um comportamento previsível e que seja responsivo às variações ambientais, em diferentes condições (Cruz et al., 2012).

A adaptabilidade de um cultivar refere-se à sua capacidade de aproveitar vantajosamente as variações do ambiente. E a estabilidade refere-se à capacidade do genótipo apresentar-se altamente previsível, mesmo com as variações ambientais (Borém e Miranda, 2013).

As diversas metodologias para estudo da adaptabilidade e estabilidade, como os métodos da ANAVA conjunta, métodos baseados em regressão (linear simples, bilinear e

não- linear), métodos não-paramétricos, métodos multiplicativos e métodos multivariados, até os mais atuais, baseados em modelos mistos (Resende, 2007) e os bayesianos.

O método da média harmônica da *performance* relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), se baseia em valores genotípicos preditos, via modelos mistos, agrupa, em uma única estatística, a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade, facilitando, de modo singular, a seleção de linhagens superiores. O método MHPRVG é similar ao método de Lin e Bins (1988), com a ressalva de que é realizado sobre os valores genotípicos e não fenotípicos (Resende, 2006).

2.6 Seleção de linhagens de soja via modelos mistos

Nos programas de melhoramento de soja a seleção de genótipos é feita com base nos valores fenotípicos, em que estão confundidos os valores genéticos e ambientais. Uma maneira de se prever o valor genético, com isso aumentar a eficiência da seleção é por meio do uso das Equações de Modelos Mistos (EMM), a avaliação genotípica compreende a estimação de componentes de variância (parâmetros genéticos) e a predição dos valores genotípicos (Resende, 2002 e 2009). O nome modelo mistos vem do fato de que o modelo contém parâmetros de efeitos fixos e parâmetros de efeitos aleatórios (Costa, 2003), sendo que a média é sempre considerada fixa e o erro experimental como aleatório, porém enquadramento de efeitos como fixos ou aleatórios está relacionado ao objetivo da pesquisa.

Com base nas EMM torna-se possível obter o Melhor Preditor Linear Não-Viesado (BLUP) dos valores genéticos (Resende, 2002). O BLUP é o procedimento que maximiza a acurácia seletiva, o procedimento ótimo para seleção dos efeitos genéticos aditivos (a), de dominância (d) e genotípicos (g), dependendo da situação (Resende, 2006).

Para se fazer predição por meio de modelos mistos é necessário obter as estimativas dos componentes de variância associados aos efeitos aleatórios do modelo, estas são obtidas através do método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Segundo Resende (2006) o REML pode ser considerado uma generalização da análise de variância (ANOVA) para situações mais complexas, sendo um método eficiente para os estudos de diferentes fontes de variação, permitindo desdobrar a variação fenotípica em seus vários componentes genéticos, ambientais e de interação genótipo x ambiente.

Simultaneamente à predição dos valores genéticos, consistindo na metodologia BLUP/REML (máxima verossimilhança residual ou restrita/melhor predição linear não viciada) ou metodologia de modelos mistos (Resende, 2002). Este procedimento lida

naturalmente com o desbalanceamento conduzindo a estimações e predições mais precisas de parâmetros genéticos e valores genéticos, respectivamente. Dentre as principais vantagens desse modelo são: permite comparar indivíduos ou linhagens através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais e blocos); permite a simultânea correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos; permite lidar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos); pode ser aplicado a dados desbalanceados e a delineamentos não ortogonais. Na análise de modelos mistos com dados desbalanceados os efeitos do modelo não são testados via testes F tal como se faz no método da análise de variância. Nesse caso, para os efeitos aleatórios, o teste cientificamente recomendado é o teste da razão de verossimilhança (LRT) (Resende, 2006).

REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v.4, p.503-507, 1964.

AMIS. **Agricultural Market Information System**, 2019. Disponível em: <http://statistics.amis-outlook.org>. Acesso em: 14 out. 2019.

BEZERRA, A.R.G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M.M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p.9-27.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 6.ed. Viçosa: UFV, 2013. 523p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos**, Brasília, DF, v.8, safra 2020/21, n.7, 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v.6-Safra 2018/19 – Quarto levantamento, Brasília, p.1-126, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra grãos**. Brasília, 2018. Acesso em: 10 jun. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Companhia nacional de abastecimento. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em: 10 out. 2020.

COSTA, S. C. **Modelos lineares generalizados mistos para dados longitudinais**. ESALQ/USP. Piracicaba, p. 110. 2003. (CDD 511.8).

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, v. 1, 2012.

GONÇALVES, M.C.; FRITSCH NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas**. 1ª Ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 282p.

HIRAKURI, M.H.; LAZZAROTTO, J.J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**, Embrapa Soja, Londrina, Documentos, Junho 2014, p.9-64.

HIRAKURI, M.H.; LORINI, I.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSK, F.C.; HENNING, A.A.; HENNING, F.A.; MANDARINO, J.M.G.; OLIVEIRA, M.A.; BENASSI, V.T. **Análise de aspectos econômicos sobre a qualidade de grãos de soja no Brasil**, Embrapa Circular técnica 145, Londrina, Outubro 2018, p.1-21.

KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. Documentos/ Embrapa Soja. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja – terceira aproximação**, Londrina, Fevereiro 2012. 330.

KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. **The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars**. In: WORLD SOYBEAN RESERACH CONFERENCE, (Ed.). 4, Buenos Aires, 1989. p.994-1000.

LAZZAROTTO, J. J.; KIRAKURI, M. H. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de Soja nos contextos Mundial e Brasileiro. Documentos 39, **Embrapa Soja**, Londrina – PR, 2010.

LITTELL, R.C. Analysis of unbalanced mixed model data: A case study comparison of ANOVA versus REML/GLS. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, New York, v.7, n.4, p.472-490, 2002.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Mapa, 2019. Formulários para registro de cultivares. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1/formularios-para-registro-de-cultivares>>. Acesso em: 10 out. 2019.

MATSUO, E.; FERREIRA, S.C.; SEDIYAMA, T. Botânica e Fenologia. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BOREM, A. (Ed.). **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p.27-54.

MONTALVÁN, R.; MONTAÑO-VELASCO, J.C. Interação genótipo x ambiente. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Ed.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. p.131-141.

PEREIRA, F.C. **Estratégias para seleção de progênes em soja**. Lavras: UFLA. 2016. 111p.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Comparação De Métodos De Condução De Populações Segregantes Do Feijoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, p. 2. 2000.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

RESENDE, M. D. V. **O Software Selegen-Reml/Blup**. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Campo Grande, p. 305. 2006. (Copyright N. 00052763).

RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no Melhoramento Genético**. 1. ed. [S.l.]: Embrapa, 2007.

ROBERTSON, A. **Experimental desing on the measurement of heritabilities and genetic correlations**: biometrical genetics. New York: Pergamon, 1959. 186p.

SEDIYAMA, T.; **Melhoramento Genético da Soja**. Editora Mecenas, p.352, 2015.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R.C.T.A Soja. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Produtividade da Soja**. Londrina: Mecenas, 2016. p.11-17.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009, p.1-5.

SILVA, A.F.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SILVA, F.C.S. Cultivares. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Soja do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015, p.149-168.

USDA. **United States Department of Agriculture**, 2019. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>>. Acesso em: 11 out. 2019.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Production, Supply and Distribution (PSD) on line. 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 19 jan. 2021.