

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ADIEL SOBANSKI

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS HOMOZIGOTAS DE
SOJA NO SUDOESTE DO PARANÁ**

**DOIS VIZINHOS
2023**

ADIEL SOBANSKI

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS HOMOZIGOTAS DE
SOJA NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Adaptability and stability of homozygous soybean lines in southwest Paraná

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos André Bahry

DOIS VIZINHOS

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ADIEL SOBANSKI

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS HOMOZIGOTAS DE
SOJA NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Orientador: Prof. Dr. Carlos Andre Bahry

Data de aprovação: 20 de novembro de 2023

Prof. Dr. Carlos Andre Bahry
Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos

Prof. Dra. Anelise Tessari Perboni
Doutorado em Fisiologia Vegetal
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos

Elizabeth Alexandra Rosero Ordonez
Engenheira Agrônoma

DOIS VIZINHOS

2023

RESUMO

Com a crescente demanda mundial pela soja nos últimos anos é de suma importância o aumento de produtividade por unidade de área, sendo o melhoramento genético um dos principais responsáveis para essa consolidação. O objetivo do trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens homozigotas de soja no sudoeste do Paraná. O experimento foi realizado na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. Os ensaios para avaliação de desempenho interno de linhagens homozigotas, gerações F6 e F7, foram conduzidos nas safras 2021/22 e 2022/23. A variável resposta analisada foi a produtividade de grãos, com três repetições de 3 linhas e 2 metros de comprimento. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados em um esquema bifatorial (safras – 2021/22 e 2022/23 x genótipos – 5 linhagens e 3 cultivares). A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada pelos métodos de Wricke e Annicchiarico. As linhagens homozigotas, em sua maior parte, tiveram desempenho produtivo inferior às cultivares comerciais na safra com déficit hídrico prolongado. Parte das linhagens homozigotas tiveram desempenho produtivo superior às cultivares na safra considerada favorável à cultura da soja, com destaque para a linhagem 1. A linhagem 3 teve o pior desempenho em relação aos demais genótipos, em ambas as safras, e provavelmente será descontinuada do processo de avanço de geração.

Palavras-chave: produtividade de grãos; ganho genético; melhoramento vegetal.

ABSTRACT

With the growing global demand for soybeans in recent years, it is of paramount importance to increase productivity per unit area, with genetic improvement being one of the main factors responsible for this feat. The objective of this work was to evaluate the adaptability and stability of homozygous soybean lines in southwest Paraná. The experiment was carried out at the Experimental Station of the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos. The trials to evaluate the internal performance of homozygous lines, F6 and F7 generations, were conducted in the 2021/22 and 2022/23 harvests, respectively, with sowings taking place on 10/09/2021 and 26/10/2022. The analyzed response variable was grain yield, with three repetitions of 3 rows and 2 meters in length. The experimental design was randomized blocks. Data were submitted to Analysis of Variance and compared in a bifactorial scheme (crops – 2021/22 and 2022/23 x genotypes – 5 lines and 3 cultivars). The adaptability and stability analysis were performed using the Wricke and Annicchiarico methods. The statistical programs used for analysis were RBio and Genes. Homozygous strains, for the most part, had lower productive performance than commercial cultivars in the season with prolonged water deficit. Part of the homozygous strains had a higher productive performance than the cultivars in the crop considered favorable to the soybean crop, with emphasis on Lineage 1. Lineage 3 had the lowest performance in relation to the other genotypes, in both seasons, and will probably be discontinued from the process of generation advancement.

Key words: grain yield; genetic gain; plant breeding.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 JUSTIFICATIVA.....	16
4 HIPÓTESE	17
5 REVISÃO DE LITERATURA	18
5.1 Melhoramento genético no Brasil.....	18
5.2 Adaptabilidade e estabilidade de cultivares	19
5.3 Produtividade da soja em função dos ambientes de produção	20
6 MATERIAL E MÉTODOS	23
6.1 Localização e caracterização da área.....	23
6.2 Condução do experimento	23
6.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	24
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
8 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de soja do mundo (BRITO; SILVA; LEÃO, 2023). A soja é uma oleaginosa de grande importância, pois representa uma fonte de proteína barata e, os subprodutos do seu esmagamento – óleo e farelo – são insumos amplamente utilizados (AVELAR; TANNUS, 2022).

A produção de óleo é destinada especialmente para indústria de biocombustível e para o consumo humano e o farelo para arração animal, dentre outros fins (COELHO, 2021).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento, a safra de soja 2022/23 alcançou 154.603,4 mi de toneladas, 10,9% superior ao antigo recorde de produção, alcançado em 2020/21. Essa produção é resultado das excelentes condições climáticas ocorridas na maioria das regiões produtoras e do alto nível tecnológico empregado pelos produtores (CONAB, 2023a). Foram cultivados 44.072,9 milhões de hectares, que alcançaram a média de produtividade de 3.508 kg/ha (CONAB, 2023a).

A China vem sendo o principal destino da soja brasileira, com 61 milhões de toneladas exportadas em 2021 e 53 milhões de toneladas em 2022 (FERREIRA; BUDZIAK, 2023). O total de exportação de soja brasileira em 2022 foi de 101.680 milhões de toneladas e consumo interno de 76.935 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2023).

Com a alta demanda pelo grão, segue constante a busca por genótipos de soja cada vez mais produtivos e responsivos às tecnologias, o que remete à intensa necessidade de avanços científicos para acompanhar as demandas do setor sojícola (EMBRAPA, 2020).

Buscando suprir a alta demanda do mercado, os programas de melhoramento visam, cada vez mais, o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas e estáveis aos diferentes ambientes edafoclimáticos (FOGUESATTO *et al.*, 2021), bem como resistência/tolerância aos fatores bióticos (ANDERLE; MARCELINO-GUIMARÃES; KAWAKAMI, 2021; SCHWINGEL *et al.*, 2022).

Nas etapas finais do melhoramento genético, os genótipos são avaliados quanto ao seu desempenho em diferentes locais, anos e épocas de semeadura (PELÚZIO *et al.*, 2008). Para a grande maioria dos genótipos, ocorre variação no

desempenho em função das condições do ambiente, devido à ocorrência da interação genótipo x ambiente ($G \times E$) (PELÚZIO *et al.*, 2008).

Cultivares com comportamento mais estável, com respostas previsíveis às variações ambientais, são preferíveis àquelas com grande variabilidade. Nesse sentido, são utilizados procedimentos estatísticos capazes de interpretar melhor essa interação ($G \times E$) que permitem identificar as cultivares com as características desejáveis (PELÚZIO *et al.*, 2008).

Uma das dificuldades em indicar quais genótipos são mais eficientes em determinados ambientes é a interação genótipo x ambiente, em que ocorre a expressão de um determinado fenótipo, definido a partir das mudanças na resposta do genótipo a diferentes ambientes de produção (CARVALHO *et al.*, 2016).

Nesse sentido, adaptabilidade é definida como “a capacidade dos genótipos de responder positivamente a melhores ambientes”, e a estabilidade “refere-se ao alto poder fenotípico, previsibilidade dos genótipos em relação às variações ambientais” (CARVALHO *et al.*, 2016).

No processo de seleção de novos genótipos é importante selecionar aqueles que apresentem alto potencial genético, mesmo quando colocadas em diferentes ambientes. Logo, testes e análises que permitam avaliar o potencial de adaptação e estabilidade desses genótipos se fazem necessários, visando facilitar seu posicionamento para diferentes ambientes (BAHRY *et al.*, 2020a).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens homozigotas de soja no sudoeste do Paraná.

2.2 Objetivos específicos

- a) Comparar o desempenho produtivo de linhagens homozigotas entre si e com cultivares comerciais de grupos de maturidade relativa semelhantes.
- b) Verificar se as linhagens avançadas se apresentam mais competitivas aos fatores do ambiente comparadas às cultivares comerciais desenvolvidas em outros ambientes, porém, exploradas na mesma região.
- c) Analisar, após dois anos de ensaios, se há linhagens com potencial produtivo para ir adiante, para Ensaios de Valor e Cultivo e Uso, nas safras subsequentes.

3 JUSTIFICATIVA

O sudoeste do Paraná tem sua economia voltada para o setor agropecuário, representado, em sua grande parte, por produtores rurais de pequeno e médio porte; para se obter melhores condições de manutenção destes produtores no campo é imprescindível produzir mais por unidade de área.

Assim, avaliar o desempenho produtivo de linhagens avançadas nesta região, cria a possibilidade de se obter materiais de soja mais produtivos em comparação às genéticas desenvolvidas em outros ambientes e trazidas para o sudoeste, para fomento.

4 HIPÓTESE

Linhagens segregantes de soja validadas em um ambiente específico tendem a ser mais produtivas que materiais avançados em outros ambientes e apenas explorados comercialmente em semelhante condição, devido à sua maior estabilidade e adaptabilidade.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Melhoramento genético no Brasil

A população mundial segue em constante crescimento e, para suprir a demanda por alimentos é necessário dobrar a quantidade produzida destes até o ano de 2050 (CORTES *et al.*, 2017).

Desse modo, as pesquisas voltadas ao melhoramento da soja seguem essa tendência, visando maior assertividade no desenvolvimento de cultivares mais produtivas (EMBRAPA, 2009; VOLPATO, 2016). De acordo com Martin; Pires; Vey (2022), nos últimos anos os programas de melhoramento buscaram incrementar estabilidade fenotípica, resistência e tolerância às doenças, menores índices de acamamento e deiscência das vagens, qualidade fisiológica das sementes, juntamente com altos rendimentos.

Uma das características responsáveis pelos avanços nos programas de melhoramento é o ganho genético, ou seja, o quanto os genótipos sucessores são superiores aos anteriores, a cada ciclo de seleção, em relação aos caracteres de interesse avaliados através de variados critérios (MILIOLI, 2021).

Entre os anos de 2001 e 2014, na região meridional do Brasil, Pagliosa (2016) analisou o ganho genético de cultivares de soja e constatou que em ambientes com altitude acima de 700 m, o ganho foi entre 44,5 a 64,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e, abaixo de 700 m, variou de 46,0 a 84,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Em Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU's), na região central do Brasil, Mezzalira (2017) registrou ganhos produtivos na soja de 18,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹, nos anos de 2006/07 a 2015/16, para genótipos de grupo de maturidade relativa 8.0.

Em estudo realizado por Todeschini *et al.* (2019), os autores destacaram que o ganho genético para produtividade de sementes nas cultivares de soja lançadas entre 1965 e 2011, no Sul do Brasil, foi de aproximadamente 40 kg ha⁻¹ano⁻¹, equivalente a 2,4% ano⁻¹ nas regiões estudadas.

Os autores destacam ainda que esse ganho está associado ao “índice de colheita, rendimento de grãos, número de vagens por planta, taxa fotossintética e diminuição dos dias até a floração” (TODESCHINI *et al.*, 2019).

Em outro estudo, Milioli (2021) constatou ganho genético para o rendimento de grãos de soja no Sul do Brasil, com variação positiva de 0,33 e 0,42% ano⁻¹, no período entre 1966 e 2011.

No Centro-Oeste, para cultivares dos grupos de maturação precoce, médio e tardio, as taxas variaram de 0,47 a 0,77 ano⁻¹. Já nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, o mesmo autor destaca que não haver ganho genético significativo para o rendimento de grãos. Esses ganhos em rendimento de grãos com o passar do tempo foram obtidos através do aumento na estatura de planta, aumento no teor e rendimento de óleo, redução no peso de mil sementes e no período vegetativo (MILIOLI, 2021).

A Lei 9.045 de 25 de abril de 1997, Lei de Proteção de Cultivares (BRASIL, 1997; SPECHT *et al.*, 2014), define cultivar como qualquer variedade distinguível com mínima clareza de outras conhecidas e já descritas, e que mostrem homogeneidade por gerações sucessivas.

Essa Lei desencadeou inúmeras alterações no mercado de cultivares de soja, por viabilizar a apropriação de uma inovação. Isso trouxe garantia de propriedade intelectual sobre as cultivares, permitindo que sejam cobrados *royalties* e taxas tecnológicas por parte das empresas obtentoras, o que traz viabilidade para as empresas alocarem investimentos maiores em programas de melhoramento genético (FUCK; BONACELLI, 2006).

5.2 Adaptabilidade e estabilidade de cultivares

Um dos desafios na seleção e recomendação de novas cultivares está na interação entre genótipo x ambiente, na busca de atenuar esse efeito, uma opção é a utilização de cultivares que apresentam altos rendimentos, adaptabilidade e estabilidade fenotípica em relação a variação ambiental (ALBUQUERQUE *et al.*, 2022).

Nesse sentido, métodos capazes de descrever a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos frente a diferentes ambientes é uma ferramenta de suma importância. Para Barros *et al.* (2012), são diversos os métodos disponíveis na literatura, dentre eles, citam-se os descritos por: Plaisted e Peterson, 1959; Finlay e Wilkinson, 1963; Wricke, 1965; Eberhart e Russell, 1966; Perkins e Jinks, 1968; Freeman

e Perkins, 1971; Tai, 1971; Verma et al., 1978; Silva e Barreto, 1986; Lin e Binns, 1988; Cruz et al., 1989 e Annicchiarico, 1992. Os mesmos autores destacam que a diferença entre os métodos está nos diferentes procedimentos e análises que cada método utiliza e até mesmo nas diferenças de conceito de estabilidade.

As análises de adaptabilidade e estabilidade possibilitam escolher genótipos ou cultivares que apresentem um comportamento mais estável e de forma previsível em função das variações ambientais (SILVA *et al.*, 2016). A escolha do método vai depender do qual apresenta melhor interpretação dos dados e maior facilidade de realização, o método deve ser apropriado com as características do genótipo a ser avaliado (SILVA *et al.*, 2016).

Nesse sentido, a adaptabilidade é definida como “a capacidade dos genótipos de responder positivamente a melhores ambientes”, e a estabilidade “refere-se ao alto poder fenotípico, previsibilidade dos genótipos em relação às variações ambientais” (CARVALHO *et al.*, 2016).

5.3 Produtividade da soja em função dos ambientes de produção

A determinação da produtividade da soja se dá pela constituição genética da cultivar, pelas condições ambientais e de manejo, e pela interação entre todos esses fatores. Nesse sentido, nem sempre determinada cultivar irá conseguir expressar todo o seu potencial produtivo (CARGNIN *et al.*, 2006).

A interação genótipo x ambiente (GXA) apresenta as respostas dos genótipos ao ambiente de produção, o que pode dificultar a seleção de genótipos que apresentem boa adaptabilidade. Essa interação também pode ser responsável por inflacionar a variância genética, podendo superestimar ganhos genéticos (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Para Rosa; Cação; Poletine (2023), dentre as principais causas dessa interação estão geralmente “o fotoperíodo, textura de solo, fertilidade, disponibilidade de água, toxicidade por alumínio, época de semeadura, práticas agrícolas, distribuição pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura atmosférica e do solo, patógenos e insetos”

Carvalho *et al.* (2002), realizaram estudo sobre a interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná, os autores levaram em

consideração a diversidade e representatividade dos diferentes ecossistemas do Paraná e por isso avaliaram em ambientes diferentes. Esses autores concluíram que a região de Ponta Grossa é indicada por discriminar melhor as linhagens dos grupos de maturação precoce, semiprecoce e médio e que algumas linhagens estudadas podem ser indicadas tanto para ambientes favoráveis quanto desfavoráveis, apresentando assim boa estabilidade.

A soja é uma cultura termo-fotoperiódica; na medida em que os dias ficam mais curtos e as temperaturas mais elevadas, o ciclo da planta é encurtado, alterando o seu crescimento e desenvolvimento (BRACCINI *et al.*, 2004; JIANG *et al.*, 2011). Soma-se a estes fatores a radiação solar, água e nutrientes, que irão contribuir para o desempenho produtivo da cultura (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001).

A adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja semeadas em quatro épocas no sul do Tocantins foi avaliada por Pelúzio *et al.* (2008). Os autores observaram que as cultivares apresentaram rendimento de grãos variando de 1.058,0 kg ha¹ a 2.159,5 kg ha⁻¹. Com base nas metodologias estudadas concluíram que estas são complementares e aumentam a confiabilidade na classificação e recomendação de cultivares de soja.

Para alcançar maiores produtividades da soja é imprescindível que ocorram interações genótipo x ambiente favoráveis durante o ciclo da cultura. Dessa forma a época de semeadura e local de cultivo possuem grande relevância. Daí vem a importância do uso de cultivares adaptadas para cada região de cultivo (TEJO *et al.*, 2019).

Mwiinga *et al.* (2020) analisaram a interação genótipo x ambiente no rendimento de grãos de soja em diferentes ambientes na África e notaram que os genótipos tiveram desempenhos médios e classificação significativamente diferentes nos ambientes testados, e essa interação contribuiu com 47% da variação total, havendo diferença de rendimento em função das diferentes regiões testadas, com desempenho acima da média, demonstrando que os dois ambientes poderiam ser úteis na seleção de bons genótipos e na eliminação de genótipos indesejados.

Conforme supracitado, a interação genótipo x ambiente pode afetar diretamente o rendimento de grãos da planta de soja, por ser uma característica controlada por vários genes, o rendimento, sofre interferência de fatores fisiológicos, bióticos e abióticos que interagem durante o crescimento da planta e podem ser

decisivos no rendimento final, por isso é importante minimizar ao máximo essas interferências, evitando perdas de produção (VOGEL *et al.*, 2021).

Cerutti *et al.* (2020) avaliaram o desempenho de cultivares de soja em diferentes ambientes de cultivo e concluíram que as cultivares tiveram desempenho distintos em função dos ambientes. Dessa forma, este fator foi responsável por discriminar as cultivares avaliadas, apesar da maioria destas apresentar comportamento fenotípico previsível. Esses autores, reforçam a importância do conhecimento da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, pois facilitam aos produtores escolher a melhor cultivar para determinado ambiente e práticas de manejo.

Nesse sentido, Vogel *et al.* (2021), estudaram sobre a fisiologia da formação da produção de soja, e perceberam que a soja é uma planta sensível ao fotoperíodo, e dessa forma, está propensa a alterações de floração, maturidade e rendimento, dependendo da variação de localidades em que é produzida. Os mesmos autores apontam que o rendimento da soja é depende da adaptação à latitude, e que plantas de soja cultivadas em regiões de baixas latitudes sofreram com florescimento precoce, maturidade precoce e baixo rendimento.

Habtegebriel; Abebe (2023), avaliaram a estabilidade do rendimento de grãos de 24 genótipos de soja para diferentes modelos de estabilidade em seis ambientes da Etiópia, e concluíram que quatro genótipos (G20, G20, G14 e G16) apresentaram os maiores rendimentos de grãos e maior estabilidade, analisados através de uma análise do índice de estabilidade multicausal. Os autores completam que esses genótipos poderiam ser sugeridos para produção comercial e utilizados em um programa de desenvolvimento de novas variedades de soja.

Nesse sentido, essas condições diversas impõem ao melhoramento genético da cultura, especialmente no Brasil, muitos desafios, devido à exposição a muitas variações climáticas, demandando manejo adequado para cada local e safra, de modo a evitar que a produtividade seja comprometida (ANHOLETO; MASSUQUETTI, 2015).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Localização e caracterização da área

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, localizada no terceiro planalto paranaense, com altitude de 520 m, latitude de 25°44" Sul e longitude de 54°04" Oeste, onde o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.* 2013).

O solo predominante é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico (BHERING; SILVIO, 2008). O clima é classificado como Cfa - clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida e precipitação média anual em torno de 2.000 mm. A temperatura média anual está em torno de 20 a 22°C. O verão é quente e as geadas são incomuns no inverno (IAPAR, 2009).

6.2 Condução do experimento

Os ensaios para avaliação de desempenho interno de linhagens homozigotas, gerações F6 e F7, foram conduzidos nas safras 2021/22 e 2022/23 com semeaduras ocorrendo em 09/10/2021 e 26/10/2022, respectivamente.

As linhagens codificadas testadas foram: 14105 (Linhagem 1), 14115 (Linhagem 2), 14124 (Linhagem 3), 14127 (Linhagem 4) e 14146 (Linhagem 5). Três cultivares comerciais foram utilizadas como controles, de GMR semelhantes entre si e às linhagens: Cultivar 1 (GMR 4.8 - RR®); Cultivar 2 (GMR 5.2 - IPRO®) e Cultivar 3 (GMR 5.0 - IPRO®).

A escolha destas cultivares se deu em virtude de que, quando se iniciaram os primeiros comparativos, especialmente de GMR das linhagens, bem como os ensaios de desempenho, estas eram as cultivares mais exploradas pelos produtores rurais, considerando-se esse padrão de ciclo.

O manejo de plantas daninhas, pragas e doenças, bem como de adubação, foi o mesmo para todos os genótipos, seguindo o monitoramento da área e fazendo-

se uso de insumos recomendados para a cultura, quando da sua necessidade de utilização.

As informações referentes aos dados climáticos foram obtidas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021-2023), para cada safra de soja, compilando-se a temperatura máxima e temperatura mínima (°C) e precipitação (mm), por mês de ciclo.

A variável resposta analisada foi a produtividade de grãos. Para tanto, três repetições de 3 linhas e 2 metros de comprimento foi considerado, totalizando área útil de 2,7m².

Depois de colhidas as plantas, estas foram trilhadas em trilhadora elétrica e as sementes foram limpas com auxílio de peneiras portáteis. Estas tiveram sua umidade determinada em determinador digital portátil, foram pesadas em balança de precisão 3.000g e tiveram sua umidade corrigida para 12%, extrapolando-se a sua massa para hectare, expressa em Kg ha⁻¹.

6.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado em ambas as safras foi o de blocos ao acaso.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e comparados em um esquema bifatorial (safras – 2021/22 e 2022/23 x genótipos – 5 linhagens e 3 cultivares).

A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada pelos métodos de Wricke (1965) e Annicchiarico (1992).

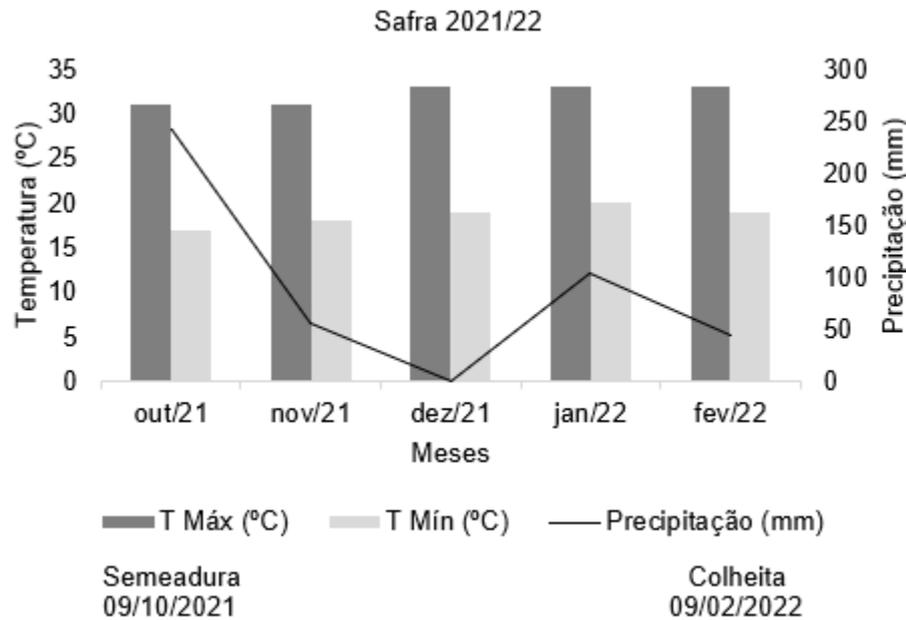
Os programas estatísticos utilizados para análise foram o RBio (BHERING, 2017) e Genes (CRUZ, 2013).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A safra 2021/22 ficou marcada como uma das piores já registradas devido à seca, sendo esta generalizada no Sul do Brasil, comprometendo significativamente a produtividade da soja (CONAB, 2022).

No município de Dois Vizinhos, as chuvas foram adequadas à cultura no mês de outubro, com registro de 240mm. No entanto, de novembro em diante houve redução, não havendo qualquer registro de precipitação durante o mês de dezembro e retorno desta em meados de janeiro (Figura 1). O mês de dezembro coincide com a maior parte das lavouras de soja no início da fase reprodutiva, no sudoeste do PR.

Figura 1. Dados de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação e datas de semeadura e colheita de genótipos de soja avaliados na safra 2021/22.



Fonte: Adaptado de Inmet (2022) e autoria própria (2023).

As temperaturas também apresentaram amplitude média mensal inadequadas para a soja (Figura 1), com mínimas, na maior parte dos meses, menores que 20°C e máximas maiores que 30°C.

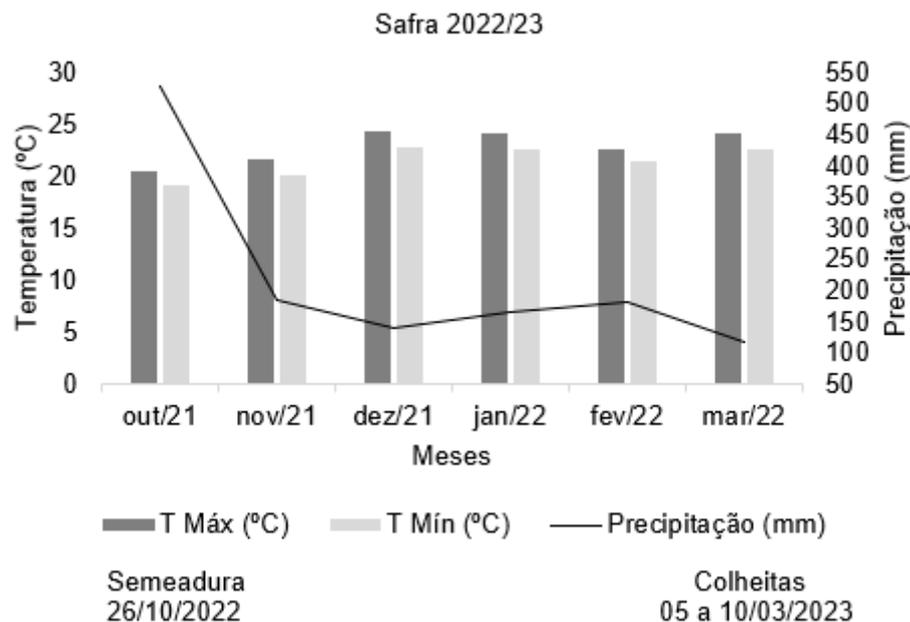
A soja apresenta como exigências para expressar seu potencial produtivo temperaturas que oscilam entre 20°C e 30°C, sendo a melhor condição temperaturas mais próximas aos 30°C, porém não superiores. A demanda total de água varia de 450 a 800 mm ao longo do ciclo (FARIAS *et al.*, 2007).

A irregularidade e a escassez hídrica por longos períodos causam estresse nas plantas, especialmente quando acompanhadas de alta radiação solar e amplitude térmica elevada (SOUZA *et al.*, 2013).

Segundo Roldão (2015), quanto maior a exposição da soja aos veranicos, menor será o potencial produtivo. Assim, o grau de influência do veranico na cultura é dependente de fatores como intensidade, frequência e duração.

Os registros de chuvas na safra 2022/23 indicaram expressivo volume de precipitação no mês de outubro, com aproximadamente 500mm. Essa condição acabou por prejudicar o estabelecimento inicial de muitas lavouras de soja na região sudoeste e, também, por atrasar a semeadura dessa safra, como foi o caso do presente estudo (Figura 2).

Figura 2. Dados de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação e datas de semeadura e colheita de genótipos de soja avaliados na safra 2022/23.



Fonte: Adaptado de Inmet (2023) e autoria própria (2023).

Nos meses seguintes a ocorrência de chuva foi adequada para a soja durante todo o ciclo, com registros mensais em torno de 150mm e distribuição adequada.

As temperaturas oscilaram menos e se mantiveram dentro da faixa considerada apropriada para a soja, entre 20° e 30°C (Figura 2), de acordo com Farias *et al.* (2007).

A análise de variância indicou que houve interação entre os fatores analisados, genótipos x safras, sendo significativo a 1% (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente à produtividade de grãos de cultivares e linhagens homocigotas de soja em duas safras.

Fator de variação	GL	Quadrado médio
		Produtividade de grãos
Blocos	2	29802,56
Genótipos	7	668895,18**
Ambientes	1	181016927,30**
Genótipos x Ambientes	7	843007,25**
Resíduo	30	47703,68

**Significativo a 1%, pelo Teste F. GL – graus de liberdade.

Fonte: A autoria própria (2023).

Todos os genótipos avaliados obtiveram produtividades baixas na safra 2021/22, diferindo da safra 2022/23 (Tabela 2). Esses resultados se devem à escassez hídrica e ampla faixa de temperaturas registradas na safra em questão, de acordo com a Figura 1.

Tabela 2. Dados médios da produtividade de grãos em função da interação entre genótipos de soja e safras.

Genótipos	Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)	
	Safra 2021/22	Safra 2022/23
Cultivar 1	2301,3 Ba ¹	5461,3 Ab
Cultivar 2	2505,2 Ba	5565,5 Ab
Cultivar 3	2003,3 Bb	5717,5 Ab
Linhagem 1 RR®	2082,4 Ba	6738,8 Aa
Linhagem 2 RR®	1697,5 Bb	6392,0 Aa
Linhagem 3 RR®	1673,9 Bb	4836,7 Ac
Linhagem 4 RR®	1668,6 Bb	6510,8 Aa
Linhagem 5 RR®	1841,3 Bb	5622,2 Ab
CV (%)	5,58	

¹ Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: A autoria própria (2023).

Para Ferrari; Paz; Silva (2015), a evapotranspiração da soja é controlada pelas condições ambientais e pela capacidade da planta em retirar água do solo. Quando a planta apresenta dificuldade em absorver água no solo, causando restrição na transpiração, inicia-se o déficit hídrico, que causa diversas reações bioquímicas na planta, podendo diminuir significativamente a produção de grãos. Os mesmos autores citam que perdas de produtividade são comuns devido à escassez hídrica durante o ciclo da cultura da soja, especialmente na região Sul do Brasil.

O balanço hídrico e a produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no Sul do Brasil foram avaliados por Báez *et al.* (2020). Verificou-se a influência diferentes níveis de deficiência hídrica e de precipitação, dentre outros, sobre o ciclo da cultura e os componentes de rendimento, sendo que houve uma

redução no rendimento de grãos com o aumento do déficit hídrico no experimento avaliado.

Spohr *et al.* (2023) avaliaram o desempenho da cultura da soja sob diferentes doses de condicionador de solo classe A na região Oeste do Paraná e também tiveram seu experimento acometido pela escassez hídrica durante o estudo. Esses autores concluíram que a baixa precipitação no desenvolvimento inicial da cultura da soja, gerou plantas pouco desenvolvidas, com área foliar reduzida e atividade fotossintética inferior. Os autores complementam que “a irregularidade das precipitações pluviométricas afetou negativamente o potencial produtivo da soja, causadas principalmente pela escassez hídrica nos estádios iniciais de desenvolvimento até início da floração”.

No estado do Paraná, segundo levantamento de safra da Conab (2022), a produtividade média da soja, na safra 2021/22, foi de 2.161 Kg ha⁻¹, 38,9% menor que na safra 2020/21. Já para a média brasileira, esse valor foi de 3.029 Kg ha⁻¹, 14,1% menor que o registrado em 2020/21.

A partir desses dados, percebe-se que o município de Dois Vizinhos foi muito impactado pelo longo período de estiagem, especialmente ao se considerar a média nacional.

Destaque para as cultivares 1 e 2 e a Linhagem 1, que obtiveram produtividades superiores em relação aos demais genótipos. As duas primeiras, inclusive, com valores absolutos superiores à média produtiva observada no PR. Os genótipos com resultados inferiores não diferiram entre si (Tabela 2).

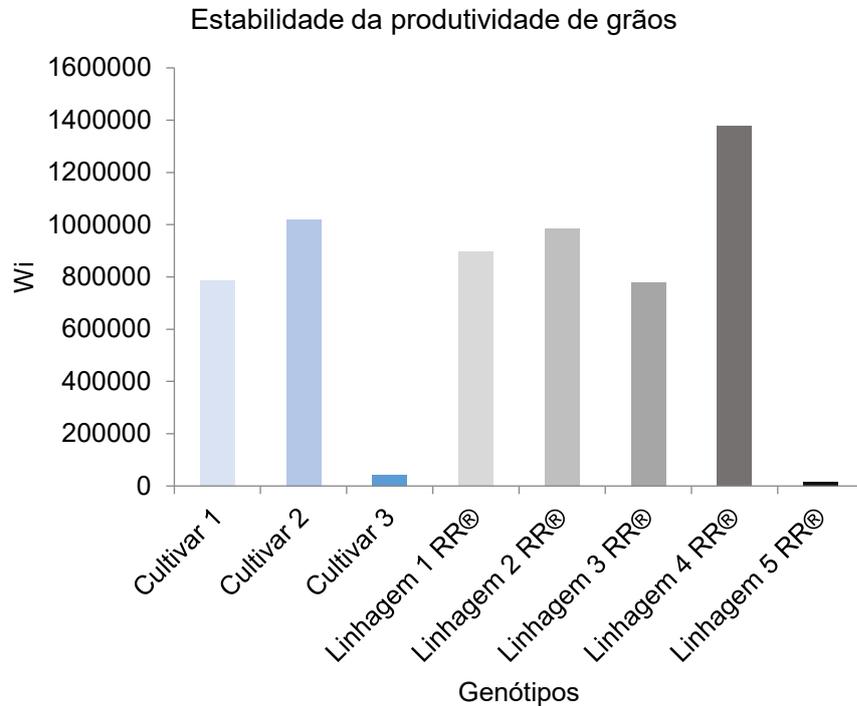
Na safra 2022/23 os resultados de produtividade dos genótipos ficaram muito acima da média do estado e do país, que foram de 3.860 e 3.508 Kg ha⁻¹, respectivamente. Destaque para as Linhagens 1, 2 e 4, com produtividades acima de 6.300 ha⁻¹, superando as cultivares controle e as demais linhagens testadas (Tabela 2).

O genótipo com o pior desempenho produtivo foi a Linhagem 3, com produtividade de 4.836,7 Kg ha⁻¹; mesmo assim, um resultado promissor.

A análise de estabilidade pelo método de Wricke (1965) indicou, pelos valores de ecovalência (Wi) que os genótipos mais estáveis foram a Linhagem 5 e a cultivar 3, em virtude de apresentarem os menores valores de Wi (Figura 3).

O genótipo mais instável foi a Linhagem 4, seguida da cultivar 2, Linhagem 2, Linhagem 1, cultivar 1 e a Linhagem 3, respectivamente.

Figura 3. Análise de adaptabilidade e estabilidade produtiva baseada na Anova, pelo método de Wricke, para oito genótipos de soja e duas safras.



Fonte: Autoria própria (2023).

O método de Wricke (1965) identifica o genótipo com desempenho superior, baseado em sua média produtiva e comportamento mais previsível entre as safras. No entanto, deve-se ressaltar que esse método tem maior aplicabilidade para estabilidade produtiva de genótipos, com menor relevância para adaptabilidade (FRANCESCHI *et al.*, 2010).

Em um experimento semelhante no sudoeste do Paraná, considerando-se duas safras, um local e três genótipos contrastantes para formato de folíolo, Bahry *et al.* (2020b) constataram que a cultivar NS 6006, de folíolo triangular, foi a mais estável, contribuindo menos com a interação genótipo x ambiente (PRADO *et al.*, 2001); seguida da cultivar BS 2601, de folíolo mais lanceolado e, por fim, a mais instável, a Linhagem CI21, de folíolo mais ovalado.

Em um programa de melhoramento genético, a interação genótipo x ambiente configura-se como um dos mais relevantes problemas enfrentados, seja para a seleção de linhagens ou mesmo para recomendação de cultivares (BARROS *et al.*, 2010). Visando diminuir os impactos que essa interação pode causar, quando confrontada com diferentes ambientes, busca-se cada vez mais genótipos com ampla

adaptabilidade e estabilidade, como alternativas de amenizar essa influência (BARROS *et al.*, 2010).

Na Tabela 3 constam os valores percentuais de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados pelos métodos de Wricke (1965) e Annicchiarico (1992). Da mesma forma que a Figura 3, no método de Wricke, quanto menor a porcentagem de ecovalência, mais estável é o genótipo e vice-versa.

Tabela 3. Adaptabilidade e estabilidade média de genótipos de soja em duas safras pelos métodos de Wricke (1965) e Annicchiarico (1992).

Genótipos	Adaptabilidade e estabilidade	
	Wricke Wi (%)	Annicchiarico Wi (%)
Cultivar 1	13,3	77,7
Cultivar 2	17,2	73,8
Cultivar 3	0,7	95,0
Linhagem 1 RR®	15,2	99,3
Linhagem 2 RR®	16,7	70,8
Linhagem 3 RR®	13,2	81,1
Linhagem 4 RR®	23,3	67,0
Linhagem 5 RR®	0,3	91,6

Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com Elias *et al.* (2005), o método proposto por Annicchiarico (1992) é muito útil para a seleção de determinado genótipo a ser disponibilizado aos agricultores, pelo fato de que esta é realizada levando-se em consideração o risco deste genótipo apresentar desempenho inferior a uma cultivar controle, normalmente uma referência de uso na região de cultivo. Nesse caso, o padrão é a média geral das cultivares/linhagens avaliadas.

De acordo com Yokomizo *et al.* (2018), “o método proposto por Annicchiarico (1992) baseia-se na análise de variância, identificando quais os materiais que ocupam as primeiras posições em um maior número de ambientes”.

Soares; Alvares; Simon (2019) realizaram estudo sobre a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, durante dois anos agrícolas e concluíram que a metodologia proposta por Annicchiarico proporciona respostas precisas quanto a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

Yokomizo *et al.* (2022) verificaram o desempenho de cultivares de soja no cerrado do Amapá quanto a estabilidade e adaptabilidade por seis anos agrícolas, utilizando quatro metodologias diferentes, dentre elas Annicchiarico e Wricke. Os autores concluíram que existe interação e adaptabilidade das cultivares com os ambientes testados e as cultivares que se apresentaram mais estáveis também foram

as mais produtivas. Os autores completam ainda que dentre as outras metodologias, na metodologia de Wricke a maioria das linhagens apresentou baixa estabilidade, e que concordaram parcialmente aos dados obtidos na metodologia de Annicchiarico.

A correlação entre metodologias de adaptabilidade e estabilidade foi realizada por Teixeira Júnior *et al.* (2015) para genótipos de soja em regiões de áreas degradadas. Os autores concluíram que as metodologias propostas por Plaisted e Peterson e Wricke, “estão associados à maior estabilidade e independem da adaptabilidade ao ambiente geral, favorável e desfavorável”, enquanto que para a seleção de cultivares adaptadas aos ambientes favoráveis as metodologias que devem ser empregadas são as propostas por Lin e Binns modificado por Carneiro, Annicchiarico e Centróide.

Dessa maneira, quanto maior for o índice de confiança de um determinado genótipo, menor será a probabilidade de insucesso deste.

No presente estudo, por este método, o genótipo mais confiável foi a Linhagem 1, seguida da cultivar 3 (Tabela 3).

Considerando-se as duas safras, a partir dos resultados obtidos, verificou-se que a safra 2021/22 foi considerada como um ambiente desfavorável para o desempenho produtivo dos genótipos. A safra 2022/23 foi considerada como um ambiente favorável (Tabela 4).

Tabela 4. Classificação dos ambientes de produção (safras) para avaliação de produtividade de oito genótipos de soja, pelo método de Annicchiarico (1992).

Safra	Média (Kg ha ⁻¹)	Índice	Classe
2021/22	1971,7	-1941,95	Desfavorável
2022/23	5855,6	1941,95	Favorável

Fonte: Autoria própria (2023).

A produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio foram determinadas por Vasconcelos *et al.* (2015). Os autores empregaram os métodos de Annicchiarico e Centróide, em dois anos agrícolas no estado de Minas Gerais. Verificou-se que o comportamento diferencial dos genótipos em relação aos locais foi mais pronunciado do que em relação aos anos agrícolas, e que as metodologias empregadas possibilitaram classificar as linhagens de acordo com sua adaptabilidade fenotípica em relação aos ambientes estudados.

Ao avaliar a estabilidade e adaptabilidade de produtividade da soja em duas safras utilizando cinco metodologias, Oda *et al.* (2019) conseguiram identificar potenciais genótipos a serem recomendados aos diferentes tipos de ambientes (geral, favorável ou desfavorável), e o método Annicchiarico forneceu informações complementares sobre a estabilidade fenotípica, auxiliando na identificação e classificação dos genótipos testados.

O desempenho relativo dos genótipos, referente à safra 2021/22, indica superioridade das cultivares em relação às linhagens, com destaque para a Cultivar 2, seguida da Cultivar 1.

No entanto, a Linhagem 1 também obteve produtividade acima da média dos genótipos avaliados, sendo superior à Cultivar 3 (Tabela 5). As demais linhagens obtiveram desempenho relativo baixo nesse ano de seca prolongada (Figura 1).

Tabela 5. Desempenho relativo de oito genótipos de soja avaliados em duas safras, pelo método de Annicchiarico (1992).

Genótipos	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Média	Desvio
	%			
Cultivar 1	116,7	93,3	105,0	16,58
Cultivar 2	127,1	95,0	111,1	22,64
Cultivar 3	101,6	97,6	99,6	2,80
Linhagem 1 RR®	105,6	115,1	110,3	6,70
Linhagem 2 RR®	86,1	109,2	97,6	16,31
Linhagem 3 RR®	84,9	82,6	83,7	1,62
Linhagem 4 RR®	84,6	111,2	97,9	18,78
Linhagem 5 RR®	93,4	96,0	94,7	1,86

1-Alfa = 0,95.

Fonte: Autoria própria (2023).

Na safra 2022/23, destaque, novamente, para a Linhagem 1, que apresentou o melhor desempenho relativo na safra favorável à soja (Figura 2, Tabela 4). Merece atenção as Linhagens 4 e 2, da mesma forma. Os demais genótipos, incluindo as três cultivares controle não tiveram desempenho relativo elevado, especialmente a Linhagem 3 (Tabela 5).

Yokomizo *et al.* (2018) observaram a estabilidade e adaptabilidade de cultivares comerciais de soja no cerrado amapaense em seis anos agrícolas, e concluíram que a interação significativa de cultivares x anos agrícolas sugere o comportamento diferenciado dos genótipos. Ou seja, houve cultivares de adaptabilidade específica

para ambientes favoráveis ou desfavoráveis ou na média geral, e que apenas uma cultivar foi superior para todas as condições.

O mesmo ocorreu no presente trabalho, na média das duas safras, os genótipos com melhor desempenho relativo foram a Cultivar 2, seguida da Linhagem 1 e da Cultivar 1, respectivamente. Os demais genótipos apresentaram variação favorável ou desfavorável em relação ao ambiente e ao método observado.

Corroborando com os dados alcançados no presente trabalho, Monteiro *et al.* (2016), realizaram avaliação sobre a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de óleo nos grãos, em dois anos agrícolas, e dois municípios diferentes no estado de Tocantins. Os autores, encontram diferença na produtividade de óleo em função do ambiente estudado e classificação diferente com relação a estabilidade em função da metodologia empregada.

8 CONCLUSÃO

As linhagens homozigotas, em sua maior parte, tiveram desempenho produtivo inferior às cultivares comerciais na safra com déficit hídrico prolongado.

Parte das linhagens homozigotas tiveram desempenho produtivo superior às cultivares na safra considerada favorável à cultura da soja, com destaque para a linhagem 1.

A linhagem 3 teve o menor desempenho em relação aos demais genótipos, em ambas as safras, e provavelmente será descontinuada do processo de avanço de geração.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. R. T. *et al.* Adaptability and stability of soybean (*Glycine max* L.) genotypes in semiarid conditions. **Euphytica**, v. 218, n. 5, p. 61, 2022.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDERLE, L. Z.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; KAWAKAMI, J. Seleção assistida por marcadores moleculares no melhoramento genético da soja. **Revista Técnico-Científica**, n. 25, 2021.
- ANHOLETO, C. D., & MASSUQUETTI, A. A soja brasileira e gaúcha no período 1994-2010: uma análise da produção, exportação, renda e emprego. **Revista Economia e Desenvolvimento**, 13(2), 379-404.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, p. 269-269, 1992.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. F.; SANGOI, L. **Arranjo de plantas em milho**: Análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.
- AVELAR, M. M.; TANNUS, S. P. Indicadores das Exportações Brasileiras de Soja em Grão. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, p. 44-53, 2022.
- BÁEZ, M. S. A. *et al.* Balanço hídrico e produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no Sul do Brasil. **Investigación Agraria**, v. 22, n. 1, p. 3-12, 2020.
- BAHRY, C. A. *et al.* Performance, Adaptability and Stability of Soybean Cultivars Submitted to Different Environments Conditions. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 4, p. 330-349, 2020a.
- BAHRY, C. A. *et al.* Morphophysiological traits of soybean leaflets and their relationship with crop agronomic performance. **Australian Journal Of Crop Science (Online)**, v. 14, p. 1817-1825, 2020b.
- BARROS, H. B. *et al.* Stability and adaptability analyses in soy (*Glycine max* L.) in Mato Grosso states. **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 75-88, 2010.
- BARROS, H. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 49-58, 2012.
- BHERING, S.B.; SILVIO, B. Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada. 1ª ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Floresta: Embrapa Solos**, 74 p. 1. 2008.

- BHERING, L. L., Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. Viçosa: **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.
- BORNHOFEN, E. *et al.* Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes. **Bragantia**, v. 76, p. 1-10, 2017.
- BRACCINI, A. L. *et al.* Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, 63(1), 81-92. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000100009>
- BRASIL. **Lei no 9.456, de 25 de abril de 1997**. Institui a Lei de Proteção de Cultivares. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9456.htm. Acesso em 21 mai. 2022.
- BRITO, D.; SILVA, G. N.; LEÃO, A. P. S. ESTRATÉGIAS DE LOGÍSTICAS PARA O SETOR EXPORTADOR DE SOJA NO BRASIL. RECIMA21 - **Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, v. 4, n. 7, p. e473595-e473595, 2023.
- CARGNIN, A. *et al.* Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 987-993, 2006.
- CARVALHO, C. G. P. *et al.* Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 989-1000, 2002.
- CARVALHO, I. R. *et al.* Bi-segmented regression, factor analysis and AMMI applied to the analysis of adaptability and stability of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 10, p. 1410-1416, 2016.
- CERUTTI, P. H. *et al.* Desempenho de cultivares de soja em diferentes ambientes de cultivo. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 390-396, 2020.
- COÊLHO, J. D. **SOJA**: caderno setorial ETENE. Escritório técnico de estudos do Nordeste. Ano 6. n 187. 2021.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento de safra**. 2021, 2022, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 12 maio 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 10 - Safra 2022/23 n.11 – **Décimo primeiro levantamento**, Brasília, p. 1-102, 2023a.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Brasil deve produzir maior safra histórica de grãos no ciclo 2022/2023, com 317,6 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5074-brasil-deve-produzir-maior-safra-historica-de-graos-no-ciclo-2022-2023-com-317-6-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 22 ago. 2023. 2023b.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. A.; VENCOVSKY, R. Alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética= Brazilian Journal of Genetics**, v. 12, n. 3, p. 567-80, 1989.

CRUZ, C. D. GENES: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomia**, v. 35, pág. 271-276, 2013.

DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.

DUARTE, J. B. e VENCOVSKY, R. Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise "AMMI". **Série Monografias. Sociedade Brasileira de Genética**, n. 9, 1999 Tradução. Acesso em: 03 set. 2023.

EBERHART, S. A. T; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties 1. **Crop science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

ELIAS, H. T. *et al.* Análise de estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 623-628, 2005.

EMBRAPA. **Soja em números** - Safra 2020/21. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> Acesso em: 04 mai. 2022. Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa agropecuária gaúcha, v.2, n.2, p.139-147,

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2022/23)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 22 ago. 2023.

FARIAS, J. R. B. *et al.* Ecofisiologia da Soja. Londrina: Embrapa CNPSO, 2007. 9p. (Circular Técnica, No48).

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, v. 3. 2015.

FERREIRA, W.; BUDZIAK, J. Alavancagem da soja e do milho no mercado internacional. equipe de redação-agro ANALYSIS, **Agro ANALYSIS**, v. 43, n. 2, p. 36-39, 2023.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian journal of agricultural research**, v. 14, n. 6, p. 742-754, 1963.

FOGUESATTO, M. V. U. *et al.* ASSOCIAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA AGRONÔMICA EM LINHAGENS DA SOJA. **Salão do Conhecimento**, v. 7, n. 7, 2021.

FUCK, M. P.; BONACELLI, M. B. M. **As interações entre os setores público e privado no lançamento de novas cultivares de soja, milho e trigo no Brasil.** In: XXIV Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, Gramado –RS, out, 2006.

FRANCESCHI, L. et al. MÉTODOS PARA ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM CULTIVARES DE TRIGO NO ESTADO DO PARANÁ. **Cultivo de trigo no Paraná: adaptabilidade e estabilidade** Bragantia, Campinas, v. 69, n. 4, p797-805, 2010.

FREEMAN, G. H.; PERKINS, J. M. Environmental and genotype-environmental components of variability VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. **Heredity**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 1971.

HABTEGEBRIEL, M. H.; ABEBE, A. T. Grain yield stability of soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill) for different stability models across diverse environments of Ethiopia. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 6, n. 3, p. e20396, 2023.

IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2009.

JIANG, Y. et al. **Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety.** Plant Science, 180(3), 504-510, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.11.006>.

LIN, Chuang-Sheng; BINNS, Michael R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar× location data. **Canadian journal of plant science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. **Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja.** Santa Maria: Editora GR, 528 p. 2022.

MEZZALIRA, I. **Ganho genético para produtividade de grãos de soja na região central do Brasil.** Dissertação, p.45, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG. 2017.

MILIOLI, A. S. **Ganho genético em caracteres agronômicos, fenológicos e bioquímicos de soja no Brasil.** 2021. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

MONTEIRO, F. J. F. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de óleo nos grãos. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 18-21, 2017.

ODA, M. C. et al. Estabilidade e adaptabilidade de produção de grãos de soja por meio de metodologias tradicionais e redes neurais artificiais. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 117-124, 2019.

PAGLIOSA, E. S. Ganho genético em soja na região meridional do Brasil. **Universidade Estadual de Londrina-UEL, Londrina, PR**, 2016.

PELÚZIO, J. M. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Ceres**, v. 55, n. 1, 2015.

PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. **Heredity**, v. 23, n. 3, p. 339-356, 1968.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, v. 36, p. 381-385, 1959.

PRADO, E. E. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 625-635, 2001.

ROSA, R.; CAÇÃO, M. M. F.; POLETINE, J. P. Interação Genótipo X Ambiente Em Linhagens Irmãs De Soja Por Meio Dos Modelos Mistos GGE e AMMI. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.12, n. especial, p.62-73, 2023.

ROLDÃO, A. F. Influência do fenômeno na produtividade da soja na mesorregião do triângulo mineiro/alto Paranaíba- MG . Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16220/1/InfluenciaFenomenoVeranico.pdf> . Acesso em 02 de fevereiro de 2020.

SCHWINGEL, G. S. *et al.* Análise comparativa e caracterização de componentes nutracêuticos de linhagens da soja. **Salão do Conhecimento**, v. 8, n. 8, 2022.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. **Biometrics**, v. 41, n. 4, p. 1093-1093, 1986.

SILVA, K. B. *et al.* Adaptability and phenotypic stability of soybean cultivars for grain yield and oil content. **Genetics and Molecular Research** 15 (2). 2016.

SOARES, S. L.; ALVARES, R. C.; SIMON, G. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. In: **Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade De Rio Verde**, 2019. p. 18.

SOUZA, A.P *et al.* CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ESTADO DE MATO GROSSO. **Pesquisas Agrárias e ambientais**. v. 01, n. 01, p.34-43, out./dez., 2013.

SPECHT, J. E. *et al.* Soybean. In: S. Smith, B. DIERS, J. SPECHT, B. CARVER (ed.), **Yield Gains in Major U.S. Field Crops**. CSSA special publication 33. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p.311-356, 2014.

SPOHR, A. G. *et al.* DESEMPENHO DA CULTURA DA SOJA (GLYCINE MAX) SOB DIFERENTES DOSES DE CONDICIONADOR DE SOLO CLASSE A NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ. **AGROECOLOGIA: PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE EM PESQUISA-VOLUME 3**, v. 3, n. 1, p. 217-233, 2023.

TAI, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop science**, v. 11, n. 2, p. 184-190, 1971.

TEIXEIRA JÚNIOR, T. *et al.* Correlation among adaptability and stability methodologies for soybean genotypes in regions of degraded areas. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2015.

TEJO, D. A. *et al.* SOJA: Soja: fenologia, morfologia, e fatores que interferem na produtividade. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE XIX DA FAEF**, v.35, n.1, junho, 2019.

TODESCHINI, M. H. *et al.* Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits. **Euphytica**, v. 215, p. 1-12, 2019.

VASCONCELOS, E. S. *et al.* Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1203-1214, 2015.

VERMA, M. M; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 53, p. 89-91, 1978.

VOGEL, J. T. *et al.* Soybean yield formation physiology—a foundation for precision breeding based improvement. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 719706, 2021.

VOLPATO, L. Seleção de progênies de soja para produção de grãos com uso de modelos mistos. 2016. 65 f. **Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

YOKOMIZO, G. K. I.; NETO, S. P. S.; ARIAS, C. A. A. Estabilidade e adaptabilidade de cultivares comerciais de soja no Cerrado amapaense. **Scientia Rural**, ed. 17, 2018.

YOKOMIZO, G. K. I. *et al.* DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SOJA NO CERRADO DO AMAPÁ QUANTO A ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE. **Cientific@Multidisciplinary Journal**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2022.

WRICKE, G. Zur berechnung der ökovalenz bei sommerweizen und hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, v. 52, n. 91, p. 127-138, 1965.