

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

GIOVANI ANDREAZZA DE OLIVEIRA

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE, ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE MATERIAIS DE SOJA NO PARANÁ**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE, ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE MATERIAIS DE SOJA NO PARANÁ**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Yuji
Tsutsumi

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Oliveira, Giovani Andrezza
Componentes de produção, produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de materiais de soja no Paraná / Giovani Andrezza Oliveira; orientador(a), Claudio Yuji Tsutsumi, 2018.
68 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

1. Interação genótipo x ambiente. 2. Componentes de produção, produtividade. 3. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica. I. Tsutsumi, Claudio Yuji. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



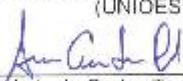
GIOVANI ANDREAZZA DE OLIVEIRA

Componentes de produção, produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica
de materiais de soja no Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia
em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de
Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:


Orientador(a) Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)


Antonio Carlos Torres da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)


Cristina Fernanda Schreider

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Marechal Cândido Rondon, 29 de maio de 2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por permitir que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, demonstrando ser o maior mestre que alguém possa ter.

Agradeço especialmente a minha família por todo o apoio fornecido ao longo deste período, especialmente aos meus pais, Sergio Giovani de Oliveira e Marines Andreazza de Oliveira, pelo auxílio em todos os momentos de fraqueza e por não me deixarem desistir jamais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor orientador Dr. Claudio Yuji Tsutsumi, por todo auxílio fornecido durante este período de orientação e desenvolvimento do projeto.

A instituição GDM Seeds por permitir a realização deste trabalho, em especial ao Eng. Agr. Fabio Polido, pelo suporte fornecido durante a realização dos experimentos.

Ao Moinho Iguaçu Agroindustrial S.A pelo tempo concedido para participação nas aulas e avaliações experimentais.

As instituições Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR e ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pelo fornecimento dos dados climáticos dos ambientes.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da Unioeste, em especial ao corpo docente, pelo conhecimento repassado.

Aos meus amigos e colegas que contribuíram auxiliando nas avaliações experimentais. E a todos que contribuíram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

OLIVEIRA, Giovani Andreazza, Magister Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marçó – 2018. **Componentes de produção, produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de materiais de soja no Paraná.** Orientador: Claudio Yuji Tsutsumi.

Em função do alto investimento necessário e da grande variabilidade fenotípica das cultivares de soja, a realização de ensaios experimentais com intuito de identificar os genótipos com desempenho agrônômico mais responsivo a ambientes distintos tornou-se essencial, afim de reduzir as chances de obtenção de maus resultados, que possam inviabilizar o exercício da atividade. Assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os componentes de produção, a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no Paraná. Para tanto foram conduzidos ensaios experimentais nos ambientes de Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina – PR durante a safra 2016/17. O delineamento experimental adotado consistiu no de blocos casualizados, composto por 30 genótipos, em três repetições, totalizando 90 parcelas por ambiente. As variáveis avaliadas foram: altura de planta na maturação (APM), número de dias para maturação (NDM), número de legumes por planta (NLPP), número de grãos por planta (NGPP) e produtividade de grãos. As metodologias propostas por Eberhart e Russel e Lin e Binns foram utilizadas para a determinação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade. Para a característica APM somente os genótipos L.E.01 e M 5892 IPRO poderiam acarretar em percas durante a colheita mecanizada quando cultivados em Campo Mourão. Os genótipos BMX ELITE RSF IPRO, DM 54I52 RSF IPRO e L.E.01, estão entre os genótipos mais precoces, sendo seu ciclo classificado como precoce ou semi-precoce dependendo do ambiente. O NDM variou entre 101,7 a 127 dias, 110 a 113,7 dias e 80,7 a 140 dias para Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina respectivamente. Com relação as características NLPP e NGPP para Campo Mourão o material M 5892 IPRO consistiu no pior material para ambas as características. Em Itaipulândia a variação correspondeu entre 29,5 a 61 legumes planta⁻¹ e 83,1 a 181,9 grãos planta⁻¹, sendo os genótipos classificados em dois agrupamentos. Já em Palotina os genótipos que apresentaram o menor

NLPP também demonstraram o menor NGPP. Campo Mourão foi o ambiente que apresentou a menor média para produtividade de grãos, enquanto em Palotina foram obtidos os melhores resultados. Para as correlações de Pearson o componente de produção NDM foi o que mais contribuiu com a produtividade de grãos. O material L.E.01 sempre integrou o agrupamento com as menores médias produtivas em todos os ambientes avaliados. Com base na metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966), verificou-se que 13 cultivares apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) e 16 a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$), sendo que somente as cultivares L.E.03 e NS 5445 apresentaram R^2 inferior a 80%. Todos os genótipos avaliados apresentaram desvio da regressão significativo, ou seja, baixa estabilidade fenotípica ($S^2_d > 0$). Já a metodologia de Lin e Binns (1988) classificou os genótipos BMX GARRA RSF IPRO, L.E. 02 e L.E. 04 como de alta estabilidade e adaptados a ambientes desfavoráveis, enquanto os genótipos BMX TORNADO RSF IPRO, M 5947 IPRO e DM 61159 RSF IPRO sendo baixa estabilidade e adaptados a ambientes favoráveis.

Palavras-chave: *Glycine max*. Desempenho agrônômico. Ambientes distintos.

ABSTRACTS

OLIVEIRA, Giovani Andrezza, Magister Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, March – 2018. **Production components, productivity, adaptability and phenotypic stability of soybean materials in Paraná.** Advisor: Claudio Yuji Tsutsumi.

Due to the high investment required and the high phenotypic variability of soybean cultivars, experimental trials with the aim of identifying the genotypes with agronomic performance more responsive to different environments became essential in order to reduce the chances of obtaining poor results, which may make the activity unfeasible. Thus, this study was developed with the objective of evaluating the production components, the adaptability and phenotypic stability of soybean genotypes in Paraná. For this, experiments were conducted in the environments of Campo Mourão, Itaipulândia and Palotina - PR during the 2016/17 season. The experimental design consisted of randomized blocks, composed of 30 genotypes, in three replications, totaling 90 plots per environment. The variables evaluated were: plant height at maturity (APM), number of days for maturation (NDM), number of legumen per plant (NLPP), number of grains per plant (NGPP) and grain yield. The methodologies proposed by Eberhart and Russell and Lin and Binns were used to determine the adaptability and phenotypic stability of productivity. For the APM characteristic only the genotypes L.E.01 and M 5892 IPRO could lead to losses during the mechanized harvest when cultivated in Campo Mourão. The genotypes BMX ELITE RSF IPRO, DM 54I52 RSF IPRO and L.E.01, are among the earliest genotypes, and their cycle is classified as precocious or semi-precocious depending on the environment. NDM ranged from 101.7 to 127 days, 110 to 113.7 days and 80.7 to 140 days for Campo Mourão, Itaipulândia and Palotina respectively. Regarding the NLPP and NGPP characteristics for Campo Mourão, the material M 5892 IPRO consisted of the worst material for both characteristics. In Itaipulândia the variation corresponded between 29.5 to 61 legumen plant⁻¹ and 83.1 to 181.9 plant⁻¹ grains, being the genotypes classified in two groupings. In Palotina the genotypes that presented the lowest NLPP also showed the lowest NGPP. Campo Mourão was the environment that presented the lowest average for grain yield, while in Palotina the best results were obtained. For the

Pearson correlations, the NDM production component contributed the most to grain yield. The material L.E.01 always integrated the cluster with the lowest production averages in all environments evaluated. Based on the methodology proposed by Eberhart and Russel (1966), it was verified that 13 cultivars presented adaptability to favorable environments ($\beta_1 > 1$) and 16 to unfavorable environments ($\beta_1 < 1$), with only L.E.03 and NS 5445 showed R^2 less than 80%. All evaluated genotypes showed significant regression deviation, that is, low phenotypic stability ($S^2_d > 0$). The methodology of Lin and Binns (1988) classified the BMX GARRA RSF IPRO genotypes, L.E. 02 and L.E. 04 as high stability and adapted to unfavorable environments, while the BMX genotypes TORNADO RSF IPRO, M 5947 IPRO and DM 61159 RSF IPRO being low stability and adapted to favorable environments.

Keywords: *Glycine max.* Productivity. Different Environments.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 A CULTURA DA SOJA	3
2.2 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE	4
2.3 ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E SEUS MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO	7
2.4 ESTUDO DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM SOJA	9
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
2 ARTIGO 1	15
Resumo	15
Abstract	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 MATERIAL E MÉTODOS	18
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	26
3.1 ALTURA DE PLANTA NA MATURAÇÃO (APM)	26
3.2 NÚMERO DE DIAS PARA MATURAÇÃO (NDM)	30
3.3 NÚMERO DE LEGUMES (NLPP) E NÚMERO DE GRÃOS POR PLANTA (NGPP)	36
3.4 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	40
4 CONCLUSÃO	44
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
3 ARTIGO 2	49
Resumo	49
Abstract	50
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	52
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	60
4 CONCLUSÕES	65
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CONCLUSÕES GERAIS	68

ÍNDICE DE TABELAS**Artigo 1**

Tabela 1. Características dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.....	19
Tabela 2. Análise de química dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.....	19
Tabela 3. Análise granulométrica dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17. ...	19
Tabela 4. Hábito de crescimento dos genótipos submetidos a avaliação nos ambientes de Campo Mourão, Palotina e Itaipulândia, no ano agrícola 2016/2017.....	23
Tabela 5. Tratos culturais realizados durante o desenvolvimento dos genótipos submetidos a avaliação nos ambientes de Campo Mourão, Palotina e Itaipulândia, no ano agrícola 2016/2017.....	25
Tabela 6. Altura de planta na maturação (APM) de genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.....	27
Tabela 7. Número de dias para maturação (NDM) de genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.....	31
Tabela 8. Classificação dos genótipos de soja, quanto ao seu desempenho para a característica número de dias para maturação em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.....	33
Tabela 9. Número de legumes por planta (NLPP) e número de grãos por planta (NGPP) de genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.....	37
Tabela 10. Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹) dos genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.....	40
Tabela 11. Matriz de correlação linear simples entre a produtividade de grãos e os componentes de produção dos genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.....	43

Artigo 2

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17....	53
Tabela 2. Análise de química dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.....	53
Tabela 3. Análise granulométrica dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17....	53
Tabela 4. Tratos culturais realizados durante o desenvolvimento dos genótipos submetidos a avaliação nos ambientes de Campo Mourão, Palotina e Itaipulândia, no ano agrícola 2016/2017.....	57
Tabela 5. Resumo da análise de variância conjunta para a característica produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.....	60
Tabela 6. Estimativa do padrão de resposta de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, pelo método proposto por Eberhart e Russel (1966), para a característica produtividade de grãos, dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.....	62
Tabela 7. Médias gerais e índices ambientais, de acordo com a metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966) para a característica produtividade de grãos, dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.....	63
Tabela 8. Estimativa do padrão de resposta de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, submetidos a ambientes favoráveis e desfavoráveis, pelo método proposto por Lin e Binns (1988), para a característica produtividade de grãos, dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Artigo 1

- Figura 1.** Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Campo Mourão - PR, de 05/11/2016 a 11/02/2017 do ano agrícola 2016/2017. 20
- Figura 2.** Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Palotina - PR, de 21/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017. 21
- Figura 3.** Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Santa Helena - PR, de 23/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017. 21

Artigo 2

- Figura 1.** Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Campo Mourão - PR, de 05/11/2016 a 11/02/2017 do ano agrícola 2016/2017. 54
- Figura 2.** Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Palotina - PR, de 21/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017. 54
- Figura 3.** Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Santa Helena - PR, de 23/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017. 55

1. INTRODUÇÃO GERAL

A área territorial brasileira corresponde a aproximadamente 851,95 milhões de hectares. Estima-se que o potencial de área agricultável nacional seja de 152,5 milhões de hectares, ou seja, 17,9% do território nacional. Entretanto, 62,5 milhões de hectares estão sendo destinados a agricultura, na qual a área de cultivo da soja representa 33,89 milhões de hectares, a maior dentre as culturas implantadas no país (EMBRAPA, 2017).

O potencial produtivo máximo teórico da soja pode chegar a 11.000 kg ha⁻¹ (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013), entretanto, resultados de pesquisa e de produtores mais tecnificados em ambientes de produção mais favoráveis indicam que o potencial atual da soja se situa acima de 6.000 kg ha⁻¹ (COOPER, 2003). Na safra 2015/16, a produtividade média nacional foi de 2.870 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017) e o intervalo de produtividade tem se mantido entre 2.500 e 3.000 kg ha⁻¹ nos últimos dez anos. Tal discrepância está associada as condições de manejo utilizadas (definição da época de plantio, escolha da cultivar a ser implantada e os tratos culturais utilizados), e aos fatores climáticos, principalmente as variações na precipitação pluviométrica, oscilações térmicas, níveis de fertilidade do solo e as exigências fotoperiódicas (SEDIYAMA et al., 2005).

Com a possibilidade de se obter altos rendimentos da cultura, seu cultivo se propagou por praticamente todas as regiões do país, desde a latitude 0 °S até 30 °S. Tal expansão só foi possível em função dos trabalhos realizados pelos programas de melhoramento das instituições públicas e privadas, que permitiram a descoberta dos genes de período juvenil longo, e a seleção e posicionamento de cultivares adaptadas a determinados ambientes (SORDI, 2010).

No entanto, mesmo com a realização destes trabalhos, muitas vezes ao submetermos cultivares a inúmeros ambientes próximos, porém com recomendação de cultivo, frequentemente são observadas alterações nas características fenológicas (relacionadas ao ciclo da planta) e fonométricas (relacionadas às dimensões da planta), em função de sua sensibilidade ao fotoperíodo e a temperatura, afetando e dificultando a escolha de cultivares pelos agricultores.

Logo durante a tomada de decisão sobre a cultivar a ser implementada é primordial conhecer e considerar as variações que as características como ciclo, altura da inserção da primeira vagem, altura de planta na maturação, acamamento, deiscência de vagens, resistência a pragas e doenças e a produtividade possam vir a sofrer, uma vez que, em função da alta instabilidade política e cambial atuais, somado ao aumento dos custos de produção a obtenção de maus resultados durante uma safra pode comprometer a continuidade da atividade.

Portanto a condução de ensaios experimentais voltados a análise de diferentes genótipos com desempenho agrônômico mais responsivo a ambientes distintos e a utilização de métodos estatísticos voltados a seleção de genótipos com maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica, a variação ambiental tem ganhado espaço, fornecendo informações relevantes para a tomada de decisão, tanto dos departamentos técnicos como dos agricultores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja é uma planta autógama, de ciclo anual pertencente à família Fabaceae, gênero *Glycine*, sub-gênero Soja e espécie *Glycine max* (L.) Merrill. É diploide possuindo quarenta cromossomos, porte ereto, folhas ramificadas composta por trifólios alternados. Suas flores podem variar do branco ao roxo, com duas a cinco sementes por vagem (SEDIYAMA et al., 2005).

Tem como centro de origem e domesticação o continente asiático, mais precisamente a região norte da China, na qual era tida como uma planta sagrada, sendo a base alimentar de seu povo (MISSÃO, 2006). Seu cultivo foi por muito tempo ignorado pelo ocidente, até que sua exploração comercial começou a ser realizada pelos Estados Unidos, inicialmente como forragem, até 1941 onde a produção de grãos começou a despontar (DALL'AGNOL et al., 2007).

Os primeiros genótipos da cultura a serem introduzidos no Brasil foram trazidos dos Estados Unidos e implantados na Bahia, na qual em função da baixa latitude do local os materiais não prosperaram. Novas tentativas foram realizadas no estado de São Paulo, porém as melhores respostas da cultura foram obtidas décadas posteriores no Rio Grande do Sul, onde as condições climáticas, principalmente o fotoperíodo eram semelhantes ao seu local de origem (BLACK, 2000; DALL'AGNOL et al., 2007).

Na atualidade os Estados Unidos correspondem ao maior produtor mundial deste grão, enquanto o Brasil aparece na segunda colocação (USDA, 2018). Dentre os estados da União, o Mato Grosso é o maior produtor, seguido pelo Paraná, produzindo aproximadamente 30 e 18 milhões de toneladas respectivamente durante a safra 2017/18 (CONAB, 2018).

No entanto, seu cultivo expressivo em regiões de baixa latitude, só foi possível através da introdução de genes que retardam o florescimento, ou seja, materiais que apresentem período juvenil longo, mesmo em condições adversas de fotoperíodo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Estudos sobre a interação genótipo x ambiente, aliado a análise de adaptabilidade e estabilidade dentro dos programas de melhoramento, também foram de suma importância para que a cultura da soja pudesse ser cultivada em diversos ambientes.

2.2 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE

Os primeiros trabalhos referentes a quantificação da variação fenotípica para genes quantitativos, só levava em consideração a atuação de dois componentes, a carga genética e o efeito ambiental, para explicar as variações comportamentais de genótipos distintos. Entretanto, quando os materiais são submetidos a ambientes diferenciados, um novo componente surge, a partir de um efeito adicional proporcionado pela interação destes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

No entanto diferentes médias fenotípicas podem ser observadas ao se trabalhar com populações distintas. De acordo com Montalván e Velasco (1999), para determinar se tais diferenças são provenientes dos fatores genéticos, ambientais ou da interação entre ambos, os materiais inicialmente devem ser submetidos a mesma condição ambiental de cultivo, sendo que se observado diferenças entre os materiais no mesmo ambiente significa que as populações são geneticamente distintas, enquanto que se as diferenças fenotípicas desaparecerem em um ambiente comum indica que os fatores ambientais contribuem acintosamente na determinação das diferenças fenotípicas.

De maneira geral, os ambientes são definidos como todas as variáveis não genéticas que atuam nas condições em que a planta se desenvolve, podendo promover alterações na expressão fenotípica de um determinado genótipo, abrangendo locais e anos distintos, práticas de manejo, dentre outras (DAVIDE, 1992; MONTALVÁN; VELASCO, 1999; ROSSE, 1999).

A classificação das variações ambientais que colaboram com a interação foi proposta por Allard e Bradshaw (1964), onde as variáveis foram agrupadas em previsíveis e imprevisíveis. As previsíveis são caracterizadas pelos fatores permanentes do ambiente como aspectos gerais do clima e tipo de solo, e atributos do ambiente que variam de maneira sistemática como o fotoperíodo (HOOGERHEIDE, 2004). Este fator tem sido comumente estudado de maneira coletiva através de suas interações com os genótipos, como genótipo x tipo de solo (MORAIS et al., 2010), genótipo x época de plantio (GONÇALVES; DI MAURO; CARGNELUTTI FILHO, 2007; MARQUES et al., 2011; PELUZIO et al., 2008; SILVEIRA NETO et al., 2005). Já as variações imprevisíveis são as que flutuam inconsistentemente, sendo associadas a precipitação, temperatura,

umidade relativa e eventos climáticos como geadas, granizo e veranicos. Segundo Fehr (1987), “as variáveis imprevisíveis são as que mais contribuem para a interação genótipo x ano e genótipo x locais x anos”.

Para que se faça possível a detecção da interação é necessário que um mesmo ensaio seja repetido em vários ambientes (ROSSE, 1999), pois de acordo com Crossa (1990) e Ramalho et al. (1993) quando se avalia um experimento localizado em apenas um ambiente ou em ambientes não contrastantes, adversidades relacionadas a superestimação dos ganhos genéticos ocorrem com maior frequência.

Rosse (1999) menciona que a interação pode ser constatada por meio de uma tabela de dupla entrada, desde que se trabalhe com pelo menos dois genótipos e dois ambientes, sendo possível diagnosticar a ausência de interação, interação simples e interação complexa. As duas primeiras interações se caracterizam por não ocasionar sérios problemas para a seleção e recomendação dos materiais, por não promover alteração no seu ranqueamento quando submetidos a ambientes distintos, mesmo que na interação simples um material responda acentuadamente a melhora do ambiente (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2001). No entanto, quando a interação é do tipo complexa ocorre a inversão do comportamento produtivo dos materiais quando submetidos a diferentes ambientes, dificultando sua recomendação para ambientes diferentes dos quais estas foram selecionadas, uma vez que a seleção é realizada a partir da média dos ambientes, negligenciando a adaptação de cultivares a ambientes específicos (CRUZ; CASTOLDI, 1991; RAMALHO et al., 1993; HOOGERHEIDE, 2004).

De maneira mais ampla, Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) mencionam que as possíveis causas da interação genótipo x ambiente podem ser atribuídas aos fatores fisiológicos e bioquímicos de cada genótipo, enquanto Cockerham (1963) associou que a resposta de um determinado conjunto gênico quando exposto a um determinado ambiente, pode ser a justificativa para a ocorrência destas interações. Interação é definida por Hoogerheide (2004) como o efeito residual da resposta diferencial dos ambientes sobre as cultivares, ou quando o comportamento de um genótipo é variado de um ambiente para outro (MONTALVÁN; VELASCO, 1999).

Esta é comumente quantificada através de um sistema na qual os quadrados médios obtidos na análise de variância são igualados aos respectivos estimadores dos componentes de suas esperanças matemáticas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012), ou seja, através da análise conjunta dos experimentos (ROCHA, 2002).

Existem pelo menos três maneiras para suavizar os efeitos ocasionados pela interação, sendo estes: identificação de cultivares específicas para cada ambiente, zoneamento ecológico e a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica (GONÇALVES, 2008).

A primeira opção demanda de elevado investimento econômico sendo de difícil execução na prática. A realização deste método consistiria na avaliação de genótipos submetidos a inúmeros ambientes por meio da análise de dados, identificando os melhores em cada ambiente específico, entretanto, qualquer variação imprevisível nas condições experimentais pode comprometer a adaptação do material ao determinado local (MOLINA, 2007). O zoneamento ecológico consiste no agrupamento de ambientes ecologicamente similares em sub-regiões nas quais as interações com os ambientes não sejam significativas, sendo possível apenas com base em diferenças macro-ambientais (MONTALVÁN; VELASCO, 1999; MOLINA, 2007).

A utilização de análises de adaptabilidade e estabilidade para a identificação de cultivares com maior previsibilidade tem sido amplamente empregada em função de poder ser utilizada em diversas situações, além de fornecer informações mais precisas para a recomendação das cultivares (RAMALHO et al., 1993).

Rocha (2002) menciona que a interação genótipo x ambiente não deve ser vista como um problema, mas sim como um fator que deve ter seus efeitos amenizados dentro do programa de melhoramento, pois esta interação pode significar a diferença entre um bom e um excelente material (DUARTE; VENCOSKY, 1999).

2.3 ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E SEUS MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO

Apesar de ser possível diagnosticar efeitos significativos da ação do ambiente sobre o comportamento/desenvolvimento do genótipo, a análise individual deste fator inviabiliza a obtenção de conclusões claras a seu respeito, em função de não promover informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo quando submetidos a variações ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Com o intuito de aperfeiçoar a detecção dos materiais de comportamento previsível e que sejam responsivos as variações ambientais, tanto em condições amplas ou específicas, tem-se utilizado como artifício as análises de adaptabilidade e estabilidade dentro dos programas de melhoramento, afim de, se assegurar a identificação dos melhores materiais.

Existem na literatura diversas definições sobre adaptabilidade e estabilidade, sendo que em alguns casos a estabilidade agronômica se enquadra no conceito de adaptabilidade, enquanto estabilidade é retratada como estabilidade biológica ou estática (ROSSE, 1999).

Gonçalves, Di Mauro e Cargnelutti Filho (2007) consideram adaptabilidade como a aptidão que genótipo demonstra em se beneficiar dos efeitos ambientais assegurando alto nível de produtividade. Montalván e Velasco (1999) mencionam que a identificação das cultivares que demonstrem este comportamento, possibilita a seleção de genótipos com potencial para se manter dentre os melhores em qualquer um dos ambientes analisados.

Por outro lado, o conceito de estabilidade é retratado por Lavoranti (2003) como a capacidade que o genótipo demonstra em manter seu desempenho com a menor variação possível, em função das alterações ambientais as quais foram submetidos. De acordo com Montalván e Velasco, (1999) este comportamento não é de grande interesse prático, pois quando ocorre está atrelado a genótipos de baixo desempenho que não dispõem de grande resposta quando alocados em ambientes favoráveis.

Lin et al. (1986) apresentaram três conceitos para estabilidade fenotípica, sendo estas: Tipo 1 – o material é considerado estável se sua variação entre os diferentes locais for pequena; Tipo 2 – é considerado estável o material que

possuir maior similaridade de resposta em relação à média de todos os materiais avaliados; Tipo 3 - é considerado estável o material que apresentar uma relação entre quadrado médio do resíduo da regressão pelo índice ambiental próxima a zero.

Em função da complexidade desta característica, acredita-se que a estabilidade é condicionada por um elevado número de locos e que apresenta baixa herdabilidade, criando barreiras para a seleção de materiais, cuja finalidade esteja atrelada ao melhoramento (ROSSE, 1999).

Para sua quantificação existem diversas metodologias, sendo as diferenças entre eles atribuídas aos próprios conceitos e procedimentos utilizados para estimar a interação (VENCOSKY; BARRIGA, 1992). Os métodos podem ser baseados na variância da interação genótipo x ambiente, regressão linear simples, regressão linear múltipla, regressão quadrática, modelos não lineares, modelos não paramétricos, dentre outros (ROCHA, 2002).

De acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) a escolha do método a ser empregado depende dos dados experimentais, precisão requerida, tipo de informação desejada e principalmente do número de ambientes disponíveis. Em função do vasto número de metodologias de passível utilização, aqui serão descritos os métodos propostos por Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988) pois serão as metodologias empregadas no presente trabalho.

O modelo proposto por Eberhart e Russel (1966) consiste na expansão do modelo desenvolvido por Finlay e Wilkinson (1963), na qual o conceito sobre estabilidade é distinto entre estas metodologias, e o artifício de linearização dos dados através de transformações logarítmicas passou a ser desnecessário. Esta metodologia é fundamentada na análise de regressão linear simples, no qual o coeficiente de regressão linear (b_{1i}) e a produtividade média geral do genótipo (b_{0i}) são relacionados com a adaptabilidade dos genótipos, à medida que a estabilidade está associada com a variância dos desvios da regressão (δ_{di}^2). Segundo esta metodologia um genótipo é considerado ideal quando possuir elevada produção média, coeficiente de regressão linear igual a 1 e o menor valor possível para os desvios da regressão (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Este modelo é considerado o único viável e o mais indicado quando se trabalha com um número reduzido de ambientes (três a sete), sendo o de maior utilização na cultura da soja (VENCOSKY; BARRIGA, 1992).

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988) é um método não paramétrico, ou seja, dispensa que os dados atendam os pré-requisitos da análise de variância, como normalidade e homogeneidade dos resíduos. A adaptabilidade e estabilidade dos genótipos é estimada, a partir da relação (P_i) estabelecida entre o quadrado médio da distância com a resposta máxima do genótipo em cada local, sendo que quanto menor esta relação, maior sua estabilidade.

2.4 ESTUDO DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM SOJA

Vários autores (BARROS et al., 2008; BARROS et al., 2010; SILVA JÚNIOR; DUARTE, 2006; MARQUES et al., 2011; POLIZEL et al., 2013) realizaram trabalhos referentes a utilização de metodologias distintas sobre adaptabilidade e estabilidade fenotípica na cultura da soja, principalmente voltados ao caráter produtividade de grãos.

Barros et al. (2008) ao avaliarem os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelas metodologias proposta por Eberhart e Russel, Lin e Binns modificado por Carneiro, Annicchiarico e o Centroide, com base na produtividade de grãos de trinta genótipos submetidos a seis ambientes, observaram que as metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e o Centroide permitiram classificar os mesmos genótipos, SL 2238, SL 1949 e SL 712, como os de maior adaptabilidade e estabilidade, sendo coerentes entre si, enquanto o método baseado em Eberhart e Russel classificou os genótipos SL 2238 e SL 1949 como de baixa estabilidade.

Comportamento semelhante foi verificado por Barros et al. (2010) que observaram que os testes não paramétricos apresentaram classificação quanto adaptabilidade e estabilidade semelhantes entre si, porém quando comparado a análise de regressão os resultados foram divergentes, sendo que tal comportamento pode ser atribuído ao fato de que os testes não paramétricos levam em consideração apenas um único fator para determinação da adaptabilidade e estabilidade.

Ao trabalharem com vinte e oito genótipos de soja, alocados em sete ambientes no estado de Goiás, e testando a adaptabilidade e estabilidade por diversos métodos (tradicional, Plaisted e Peterson, Finlay e Wilkinson, Wricke,

Eberhart e Russel, Verna, AMMI, Lin e Binns, Toler e Annicchiarico), Silva Júnior e Duarte (2006) concluíram que os métodos de Lin e Binns e Annicchiarico apresentaram elevada correlação entre si (0,96), sendo seu uso conjunto desnecessário, entretanto o uso combinado de algum desses métodos com o proposto por Eberhart e Russel pode agregar informações à análise.

Polizel et al. (2013) também constataram comportamento concordante entre as metodologias propostas por Lin e Binns, Plaisted e Peterson e Annicchiarico, sugerindo sua complementação por alguma destas metodologias: Eberhart e Russel, Cruz, Torres e Vencovsky e AMMI. Os autores recomendão escolher o método que apresente facilidade de execução e interpretação dos resultados. Para alcançar tais conclusões foram avaliados dezesseis genótipos, em três locais, durante dois anos agrícolas no estado do Mato Grosso, testando sete metodologias.

Entretanto Marques et al. (2011), ao estimarem os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de sete cultivares de soja, para produtividade de grãos, com base nas metodologias proposta por Eberhart e Russel, Lin e Binns modificado por Carneiro, observaram que os genótipos Msoy 8001 e Msoy 8411 foram classificados como de ampla adaptabilidade e alta estabilidade por ambos os métodos.

Cabe ressaltar que a utilização de metodologias não concordantes referentes a adaptabilidade e estabilidade é vantajosa aos programas de melhoramento, pois contribui para a melhor predição do comportamento dos genótipos avaliados (OLIVEIRA, 2003), uma vez que, a utilização de metodologias concordantes pode mascarar o real comportamento dos genótipos quanto a sua adaptabilidade e estabilidade, quando submetidos a ambientes distintos.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; CRUZ, C.D. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 299–309, 2008.

BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max* L.) em Mato Grosso. **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 75–87, 2010.

BLACK, R.J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G.M.S. (Org.) **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 1-18.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. Interação genótipo x ambiente. In: _____. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001. p. 221-230.

COCKERHAM, C.C. Estimation of genetics variance. In: HANSON, W.R.; ROBINSON, H.F. **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: National Academy Science Natural Research, 1963. p. 164-196.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos - 6ª levantamento. **Monitoramento Agrícola**, v. 4, n. 6, p. 1-146, 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 4ª levantamento. **Monitoramento Agrícola**, v. 5, n. 4, p. 1-132, 2018.

COOPER, R.L. **Pesquisa sobre produtividade máxima da soja nos EUA**. Piracicaba: Potafos, 2003. 6 p. Informações agrônômicas 101.

CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, v. 44, p. 55-85, 1990.

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Interação genótipos por ambientes. In: _____. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. p. 110-142.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A.C.; LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M.H.; OLIVEIRA, A.B. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p. Circular técnica 43.

DAVIDE, A.C. **Avaliação da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica de progênies de *Eucalyptus pellita* F. Muell, introduzidas a Austrália.** 1992. 114p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p.

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

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acessado 20 de janeiro de 2018.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. Circular técnica 48.

FEHR, W. R. Principles of cultivar development: Theory and technique. Vol.1. New York: MacMillan Publishing Company. 536p. 1987.

FINLAY, F.J.C.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 5, p. 742-754, 1963.

GONÇALVES, E.C.P.; DI MAURO, A.O.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja conduzidos em duas épocas de semeadura, na região de Jaboticabal - SP. **Científica**, v. 35, n. 1, p. 61-70, 2007.

GONÇALVES, R.J.S. **Estratégias para recomendação de linhagens de feijoeiro avaliadas em diferentes ambientes.** 2008. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

HOOGERHEIDE, E.S. **Estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de produção no estado do Mato Grosso.** 2004. 80 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

LAVORANTI, O.J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da amostragem “bootstrap” no modelo AMMI.** 2003. 166 p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVICTH, L.P. Stability analysis: where do we stand. **Crop Science**, v. 26, n. 5, p. 894-900, 1986.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MARQUES, M.C.; HAMAWAKI, O.T.; SEDIYAMA, T.; BUENO, M.R.; REIS, M.S.; CRUZ, C.D.; NOGUEIRA, A.P.O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 59–69, 2011.

MISSÃO, M.R. Soja: Origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Revista de Ciência Empresariais**, v. 3, n. 1, p. 7-15, 2006.

MOLINA, L.M.R. **Estudo sobre métodos estatístico na avaliação da interação genótipo x ambiente em genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2007. 68 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

MONTALVÁN, R.; VELASCO, J.C.M. Interação genótipo x ambiente: aspectos básicos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Org.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. cap. 10, p. 131-140.

MORAIS, E.; ZANATTO, A.C.S.; FREITAS, M.L.M.; MORAES, M.L.T.; SEBENN, A.M. Variação genética, interação genótipo solo e ganhos na seleção em teste de progênes de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antônio, São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 11–18, 2010.

OLIVEIRA, E. **Comportamento de genótipos de soja quanto a doenças de final de ciclo e qualidade de sementes em diferentes ambientes no Estado de Goiás**. 2003. 177 p. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FOLONI, J. S. S. Nutrição equilibrada da soja para altas produtividades - uma abordagem filosófica. **Informativo Meridional**, v. 47, n. 13, p. 6, out. 2013.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; GIONGO, P.; SILVA, J.C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H.B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 55, n. 1, p. 34–40, 2008.

POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F.C.; HAMAWAKI, O.T.; HAMAWAKI, R.L.; GUIMARÃES, S.L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 910–920, 2013.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMAN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

ROCHA, M.M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 173 p. Tese (Doutorado em

Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

ROSSE, L.N. **Modelo de regressão não-linear aplicado na avaliação da estabilidade fenotípica em plantas**. 1999. 179 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 503 -553.

SILVA JUNIOR, W.C.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 23–30, 2006.

SILVEIRA NETO, A.N.; OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, A. B.; GODOI, C.R.C.; PRADO, C.L.O.; PINHEIRO, J.B. Desempenho de linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p. 103–108, 2005.

SORDI, D. **Parâmetros genéticos em populações de soja derivadas de cruzamentos simples e múltiplos, conduzidas por três diferentes métodos de avanço de gerações**. 2010. 78 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. **Table 11 Soybean Area, Yield, and Production**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/reportHandler.ashx?fileName=Table%2011%20Soybean%20Area,%20Yield,%20and%20ProductionereportId=906&templateId=1&format=html>>. Acessado 26 de janeiro de 2018.

VENCOSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileiro de Genética, 1992. 486 p.

2 ARTIGO 1

DESEMPENHO AGRÔNOMICO DE GENÓTIPOS DE SOJA NO PARANÁ

Resumo

A realização de ensaios experimentais voltados a identificação de cultivares de soja com desempenho agrônômico mais responsivo ao ambiente de cultivo tornou-se imprescindível, visto o alto investimento empregado e a grande variabilidade fenotípica apresentada pelos genótipos. Assim, objetivou-se avaliar os componentes de produtividade de diferentes genótipos de soja. O delineamento experimental utilizado consistiu em blocos casualizados com 30 tratamentos e três repetições, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina – PR) na safra 2016/17. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas, espaçadas entre si em 0,5 m e com 5 m de comprimento. As variáveis avaliadas foram: altura de planta na maturação (APM), número de dias para maturação (NDM), número de legumes por plantas (NLPP), número de grãos por planta (NGPP) e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos a análises de variância individuais, onde foi verificado efeito significativo para as fontes de variação em todos os ambientes. Em seguida, procedeu-se com a análise conjunta. A característica APM apresentou variações de 25,2 a 112,8 cm, 63,2 a 118,9 cm e 66,3 a 98,0 cm nos ambientes de Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina respectivamente, sendo que somente os genótipos L.E.01 e M 5892 IPRO poderiam acarretar em percas durante a colheita mecanizada quando cultivados em Campo Mourão. Os genótipos BMX ELITE RSF IPRO, DM 54152 RSF IPRO e L.E.01, estão entre os genótipos mais precoces, sendo seu ciclo classificado como precoce ou semi-precoce dependendo do ambiente, na qual, o NDM variou entre 101,7 a 127 dias, 110 a 113,7 dias e 80,7 a 140 dias para Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina respectivamente. Com relação as características NLPP e NGPP para Campo Mourão, os genótipos apresentaram variação entre 25,4 a 82,2 legumes planta⁻¹ e 65,2 a 220,1 grãos planta⁻¹ respectivamente, sendo que o material M 5892 IPRO consistiu no pior material para ambas as características neste ambiente. Para Itaipulândia a variação correspondeu entre 29,5 a 61 legumes planta⁻¹ e

83,1 a 181,9 grãos planta⁻¹, sendo os genótipos classificados em dois agrupamentos. Já em Palotina a variação oscilou entre 44,7 a 80,4 legumes planta⁻¹ e 124,5 a 224,6 grãos planta⁻¹, sendo que todos os genótipos que apresentaram o menor NLPP também demonstraram o menor NGPP. Campo Mourão foi o ambiente que apresentou a menor média para produtividade de grãos, enquanto em Palotina foram obtidos os melhores resultados. O material L.E.01 sempre integrou o agrupamento com as menores médias produtivas em todos os ambientes avaliados.

Palavras-chave: Componentes de produção; seleção de linhagens; *Glycine max*.

Abstract

Experimental trials aimed at the identification of soybean cultivars with agronomic performance more responsive to the growing environment became essential, considering the high investment employed and the great phenotypic variability presented by the genotypes. Thus, the objective was to evaluate the productivity components of different soybean genotypes. The experimental design consisted of randomized blocks with 30 treatments and three replicates, cultivated in three environments (Campo Mourão, Itaipulândia and Palotina - PR) in the 2016/17 season. Each experimental plot was composed of four lines, spaced 0.5 m apart and 5 m long. The evaluated variables were: plant height at maturity (APM), number of days for maturation (NDM), number of legumen per plant (NLPP), number of grains per plant (NGPP) and grain yield. The data were submitted to analysis of individual variance, where it was verified a significant effect for the sources of variation in all environments. Then, the joint analysis was carried out. The APM characteristic presented variations from 25.2 to 112.8 cm, 63.2 to 118.9 cm and 66.3 to 98.0 cm in the environments of Campo Mourão, Itaipulândia and Palotina respectively, and only the L.E.01 and M 5892 IPRO could lead to losses during mechanized harvesting when grown in Campo Mourão. The genotypes BMX ELITE RSF IPRO, DM 54152 RSF IPRO and L.E.01, are among the earliest genotypes, and their cycle is classified as precocious or semi-precocious

depending on the environment, in which NDM ranged from 101.7 to 127 days, 110 to 113.7 days and 80.7 to 140 days for Campo Mourão, Itaipulândia and Palotina respectively. Regarding the NLPP and NGPP characteristics for Campo Mourão, the genotypes varied from 25.4 to 82.2 plant⁻¹ legumen and 65.2 to 220.1 plant⁻¹ grains respectively, and the material M 5892 IPRO consisted of worst material for both features in this environment. For Itaipulândia the variation corresponded between 29.5 to 61 legumen plant⁻¹ and 83.1 to 181.9 plant⁻¹ grains, being the genotypes classified in two groupings. In Palotina, the variation ranged from 44.7 to 80.4 plant⁻¹ legumen and 124.5 to 224.6 plant⁻¹ grains, and all genotypes that showed the lowest NLPP also showed the lowest NGPP. Campo Mourão was the environment that presented the lowest average for grain yield, while in Palotina the best results were obtained. The material L.E.01 always integrated the cluster with the lowest production averages in all environments evaluated.

Keywords: Production components; selection of lineages; *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

O cenário político é o condicionador mais relevante para as perspectivas econômicas de curto, médio e longo prazo. Tendo em vista a precariedade deste setor em âmbito nacional, este tem afetado diretamente a solidez econômica, reduzindo a credibilidade do país perante os investidores externos (RABOBANK, 2018).

O reflexo de tal instabilidade influencia diretamente na volatilidade da taxa cambial, alavancando os custos de produção e forçando os agricultores a buscarem tecnologias que combinem a otimização dos insumos com o incremento em produtividade (RABOBANK, 2018).

Desde a safra 2013/14 até 2017/18, constatou-se aproximadamente 9% de incremento no custo de produção da soja (DERAL et al. 2018). No entanto, apesar do aumento em seu custo de produção, a margem operacional dos agricultores está cada vez menor, onde constatou-se uma redução de 15% entre as safras 2016/17 e 2017/18 no estado do Mato Grosso (RABOBANK, 2018).

Diante deste cenário, cada agricultor deve deixar de ser apenas um proprietário rural e se transformar em um empresário agrícola, na qual tanto a gestão empresarial quanto a agrônômica são fundamentais para que bons resultados possam ser alcançados.

Os gastos com sementes de soja representaram 12,25% do custo de produção total por hectare, no estado do Paraná durante o período de novembro/2017, o mais relevante dentre as despesas (DERAL et al., 2018).

Visto a alta representatividade econômica deste segmento para a implementação e condução da cultura, é essencial a utilização de cultivares com respostas satisfatórias para sua região de cultivo.

No entanto para a obtenção do sucesso nesta cultura, é imprescindível conhecer a exigências hídricas e nutricionais, assim como utilizar cultivares com resistência ao acamamento, pragas e doenças, com boa arquitetura planta, adaptadas as mais variadas condições ambientais e principalmente com elevada produtividade (FERRARI, 2008).

Logo a condução de ensaios experimentais voltados a análise de diferentes genótipos com desempenho agrônômico mais responsivo a ambientes distintos é essencial, visto o alto investimento empregado e a grande variabilidade fenotípica apresentada pelas cultivares quando submetidas a condições climáticas diversas, principalmente de temperatura do ar e fotoperíodo (REZENDE e CARVALHO, 2007).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar características agrônômicas de trinta genótipos de soja, nos ambientes de Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina – PR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram avaliadas linhagens e cultivares de soja provenientes do programa de melhoramento da Don Mario Sementes, pertencente ao grupo GDM Seeds, no estado do Paraná no ano agrícola 2016/2017. Os ensaios foram conduzidos em três ambientes: Itaipulândia, Palotina e Campo Mourão. As informações referentes a localização das áreas estão expostas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.

Localidade	Coordenadas geográficas		
	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Itaipulândia	24°28'22.9"S	54°03'29.0"WO	227
Palotina	24°19'46.6"S	54°44'52.7"WO	340
C. Mourão	24°04'1.57"S	52°19'12.3"WO	630

De acordo com Santos et al. (2013) os solos dos ambientes de Itaipulândia, Palotina e Campo Mourão são classificados como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e LATOSSOLO VERMELHO Distroférico respectivamente. Nas Tabelas 2 e 3 estão contidos os resultados referentes as análises químicas e granulométricas desses solos, sendo sua determinação realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, pertencente a UNIOESTE.

Tabela 2. Análise de química dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.

Localidade	Prof. (cm)	pH CaCl ₂	P (mg dm ⁻³)	K Ca Mg Al H+Al SB T V							
				cmol _c dm ⁻³ (%)							
Itaipulândia	0-20	5,2	27,3	0,3	3,4	1,2	0,0	2,0	4,9	6,9	71,0
Palotina	0-20	5,0	45,9	0,7	4,0	1,1	0,9	2,1	5,8	7,9	73,4
C. Mourão	0-20	5,0	14,2	0,4	3,5	0,8	1,1	1,9	4,7	6,6	71,2

Prof.< profundidade, P e K – Extrator de MELICH-1, Al, Ca e Mg = KCl 1 mol⁻¹, H+Al = pH SMP (7,5)

Análise de solo determinada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, UNIOESTE.

Tabela 3. Análise granulométrica dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.

Localidade	Análise granulométrica (g Kg ⁻¹)		
	Argila	Silte	Areia
Itaipulândia	411,00	493,74	95,26
Palotina	495,50	443,08	61,42
C. Mourão	575,50	368,34	56,16

Análise granulométrica determinada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, UNIOESTE.

O clima dos ambientes avaliados segundo Köppen é caracterizado como subtropical quente úmido (Cfa), com verões quentes (temperatura média superior a 22 °C) e invernos amenos (temperatura média inferior a 18 °C). As precipitações são distribuídas em todos os meses do ano, atingido 1600 mm de pluviosidade média anual. A estação da seca não ocorre de forma bem definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

Para os ambientes de Campo Mourão e Palotina, os dados referentes a precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínimas e médias diárias (Figura 1 e 2), foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizadas no próprio município, enquanto que em função da inexistência destas instalações em Itaipulândia utilizou-se as informações referentes ao município de Santa Helena – PR (Figura 3).

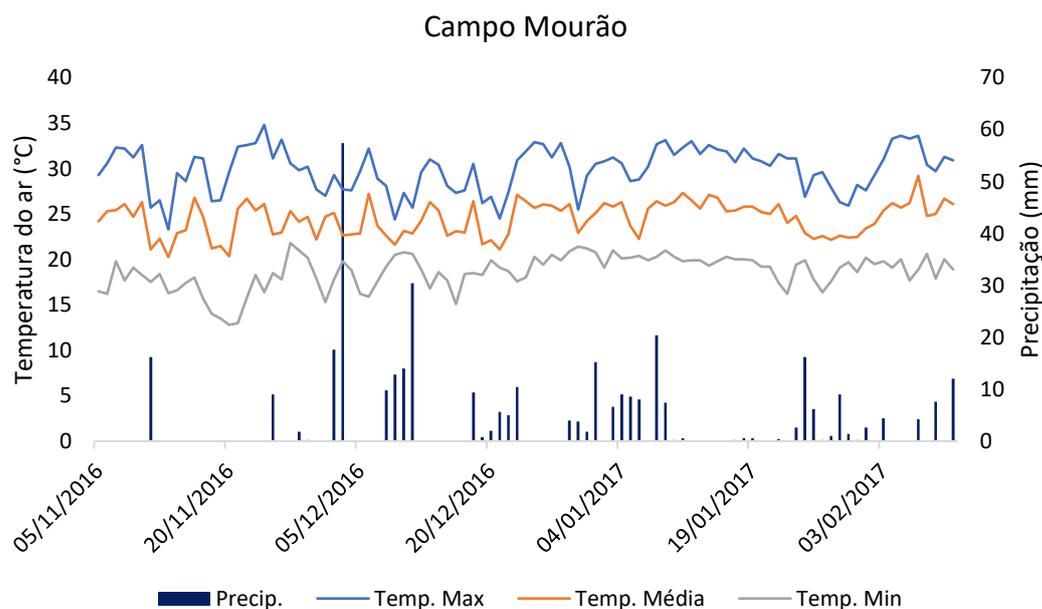


Figura 1. Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Campo Mourão - PR, de 05/11/2016 a 11/02/2017 do ano agrícola 2016/2017.

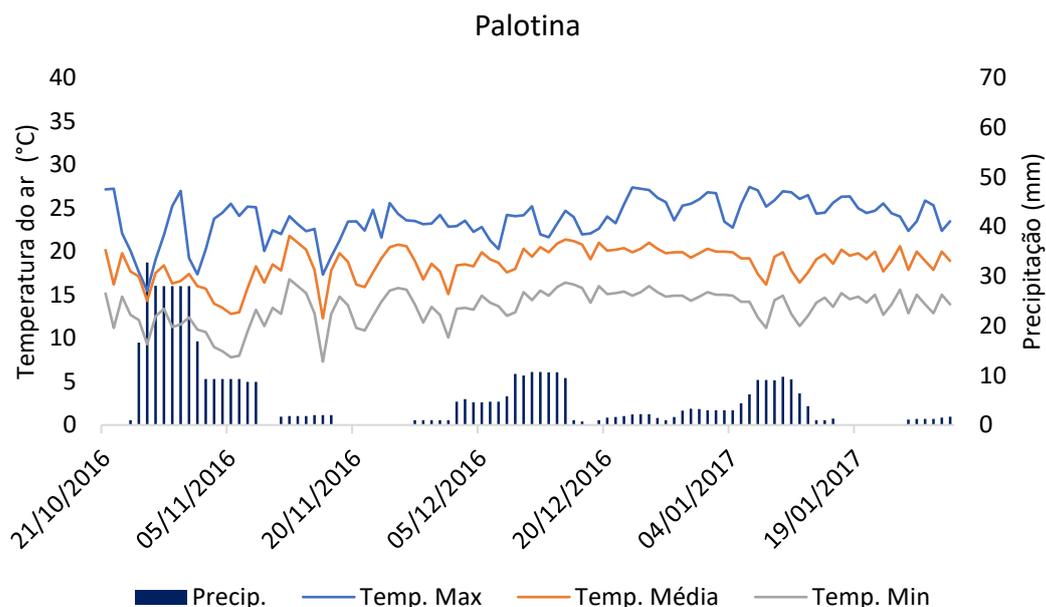


Figura 2. Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Palotina - PR, de 21/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017.

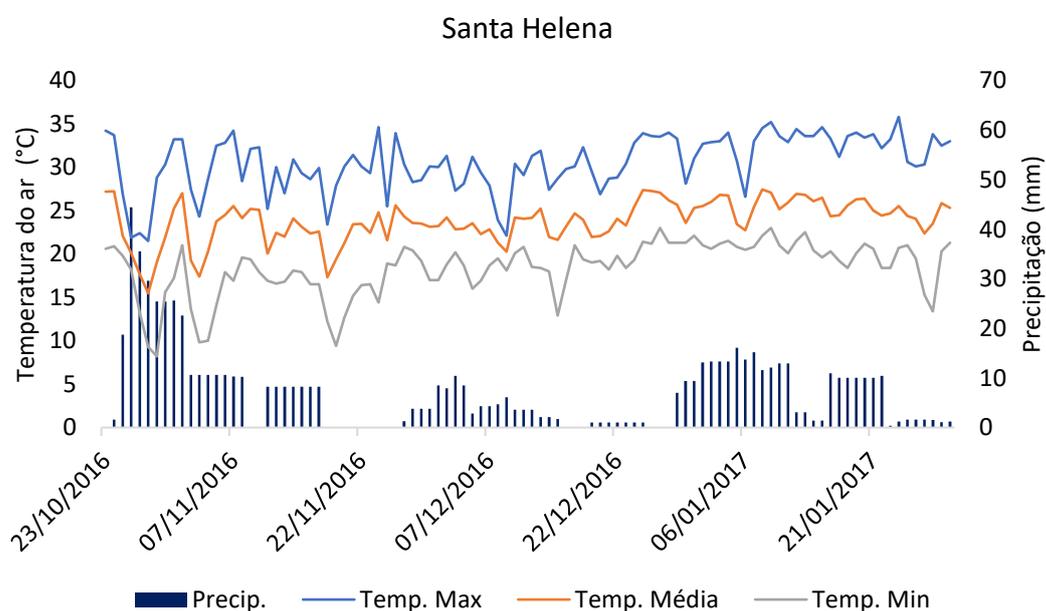


Figura 3. Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Santa Helena - PR, de 23/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017.

Nas áreas experimentais o sistema de plantio direto já vem sendo utilizado há pelo menos dez anos, onde a semeadura da aveia no período de entressafra é comumente realizada. Por serem áreas comerciais de agricultores, estas se apresentavam em condições de cultivo, dispensando a necessidade de aplicação de corretivos de solo.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, composto de três repetições, sendo avaliados sete linhagens experimentais (L.E.) de soja da empresa Don Mario (L.E.01, L.E.02, L.E.03, L.E.04, L.E.14, L.E.15 e L.E.16), e 23 cultivares comerciais, totalizando 30 tratamentos e 90 parcelas em cada ambiente. As informações referentes ao hábito de crescimento de cada material estão dispostos na Tabela 4.

Cada parcela experimental foi composta por 4 linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m entre si. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais eliminando-se 0,5 m de cada extremidade.

Tabela 4. Hábito de crescimento dos genótipos submetidos a avaliação nos ambientes de Campo Mourão, Palotina e Itaipulândia, no ano agrícola 2016/2017.

Genótipos	Hábito de Crescimento
BMX ELITE RSF IPRO	Indeterminado
BMX GARRA RSF IPRO	Indeterminado
BMX ICONE RSF IPRO	Indeterminado
BMX LANÇA RSF IPRO	Indeterminado
BMX TORNADO RSF	Indeterminado
BMX VANGUARDA RSF	Indeterminado
BS IRGA 1642 IPRO	Indeterminado
DM 5.9i	Indeterminado
DM 54152 RSF IPRO	Indeterminado
DM 5958 RSF IPRO	Indeterminado
DM 61159 RSF IPRO	Indeterminado
DM 6458 RSF IPRO	Indeterminado
L.E.01	N.I.*
L.E.02	N.I.*
L.E.03	N.I.*
L.E.04	N.I.*
L.E.14	N.I.*
L.E.15	N.I.*
L.E.16	N.I.*
M 5892 IPRO	Semi-determinado
M 5917 IPRO	Indeterminado
M 5947 IPRO	Indeterminado
M 6210 IPRO	Indeterminado
M 6410 IPRO	Indeterminado
NA 5909	Indeterminado
NS 5445	Indeterminado
NS 5959	Indeterminado
NS 6909	Indeterminado
SYN 1059	Indeterminado
TMG 7062 IPRO	Semi-determinado

* N.I = Não informado.

A implantação do experimento ocorreu nos dias 21 e 23/10/2016 e 10/11/2016 em Palotina, Itaipulândia e Campo Mourão respectivamente, via sistema de semeadura direta, a 5 cm de profundidade, dispondo 14 sementes por metro linear com intuito de compensar possíveis falhas na germinação. As sementes foram tratadas com o inseticida a base de thiamethoxam (35% m/v) na dosagem de 200 mL de produto comercial (p.c)/100 Kg de sementes e com o fungicida a base de metalaxil-m (2% m/v), tiabendazol (15% m/v) e fludioxonil

(2,5% m/v) na dosagem de 100 mL de p.c/100 Kg de sementes, não sendo realizado inoculação.

A adubação mineral utilizada nos ambientes de Palotina, Itaipulândia e Campo Mourão, consistiu respectivamente: 02-20-18 (5% S + 0,2% B), 02-20-18 (9% Ca + 4% S) e 02-20-18 (7% Ca + 2% S), nas seguintes quantidades: 230, 250 e 290 kg ha⁻¹ respectivamente. As informações referentes aos tratamentos culturais realizados estão contidas na Tabela 5.

As variáveis respostas analisadas ao longo do desenvolvimento da cultura, seguiram a escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1981) e consistiram:

- a) Altura média das plantas na maturação (APM): sua quantificação ocorreu a partir da superfície do solo até a inserção do racemo do ápice da haste principal da planta, com o auxílio de uma trena graduada em milímetros, onde foram medidas dez plantas ao acaso dentro da parcela útil, no estágio R₈, sendo expresso em centímetros;
- b) Número de dias para maturação (NDM): sua quantificação ocorreu quando pelo menos 50% das plantas da parcela útil apresentavam 95% das vagens maduras, no estágio R₈, sendo expresso em dias, correspondendo ao ciclo da cultura;
- c) Número de legumes por planta (NLPP): sua quantificação ocorreu no estágio R₈, através da contagem direta do número de legumes presentes em dez plantas, escolhidas aleatoriamente dentro da área útil da parcela;
- d) Número de grãos por planta (NGPP): sua quantificação ocorreu no estágio R₈, através da contagem direta do número total de grãos formados em cinco plantas, escolhidas aleatoriamente dentro da área útil da parcela;
- e) Produtividade de grãos: avaliada na maturidade final (ponto de colheita), sendo que sua quantificação ocorreu com o auxílio de uma balança semi-analítica com precisão de duas casas decimais, onde os grãos foram pesados após a colheita, trilhagem e secagem dos genótipos até 13% de umidade das plantas contidas na área útil da parcela. Os valores foram expressos em quilogramas por hectare.

Tabela 5. Tratos culturais realizados durante o desenvolvimento dos genótipos submetidos a avaliação nos ambientes de Campo Mourão, Palotina e Itaipulândia, no ano agrícola 2016/2017.

1 ^o Amb.	Herbicidas			Inseticidas			Fungicidas		
	2 ^o N ^o A	3 ^o I.A	Dose (L ha ⁻¹)	N ^o A	I.A	Dose (L ha ⁻¹)	N ^o A	I.A	Dose (L ha ⁻¹)
C. Mourão	2	Glifosato potássico (62% m/v)	2,00	1	Tiametoxam (14,1% m/v) + Lamda cialotrina (10,6% m/v)	0,18	1	Protioconazol (17,5% m/v) + Trifloxistrobina (15% m/v)	0,40
	1	2,4 D, Sal dimetilamina (80,6% m/v)	1,50	1	Imidacloprid (25% m/v) + Bifentrina (5% m/v)	0,35	1	Fluxapiraxade (16,7% m/v) + Piraclostrobina (33,3% m/v)	0,30
	2	Cletodim (24% m/v)	1,00	1	Acefato (75% m/m)	1,00	1	Azoxistrobina (20% m/v) + Ciproconazol (8% m/v)	0,30
	1	Paraquate (20% m/v)	2,00	1	Flubendiamida (48% m/v)	0,60			
Itaipulândia	2	Glifosato potássico (62% m/v)	2,00	1	Tiametoxam (14,1% m/v) + Lamda cialotrina (10,6% m/v)	0,18	1	Protioconazol (17,5% m/v) + Trifloxistrobina (15% m/v)	0,40
	1	2,4 D, Sal dimetilamina (80,6% m/v)	1,50	2	Imidacloprid (25% m/v) + Bifentrina (5% m/v)	0,35	1	Epoxiconazol (5% m/v) + Fluxapiraxade (5% m/v) + Piraclostrobina (8,1% m/v)	1,00
	1	Cletodim (24% m/v)	1,00	1	Lambda-cialotrina (5% m/v) + Clorantraniliprole (10% m/v)	0,07			
	1	Paraquate (20% m/v) + Diurom (10% m/v)	2,00						
Palotina	2	Glifosato potássico (62% m/v)	2,00	1	Tiametoxam (14,1% m/v) + Lamda cialotrina (10,6% m/v)	0,18	1	Protioconazol (17,5% m/v) + trifloxistrobina (15% m/v)	0,40
	1	2,4 D, Sal dimetilamina (80,6% m/v)	1,50	1	Imidacloprid (25% m/v) + bifentrina (5% m/v)	0,35	1	Azoxistrobina (30% m/m) + Benzovindiflupir (15% m/m)	0,30
	1	Cletodim (24% m/v)	1,00	1	Acefato (97% m/m)	1,00	1	Azoxistrobina (20% m/v) + Ciproconazol (8% m/v)	0,30
	1	Paraquate (20% m/v)	2,00	1	Lufenuron (5% m/v)	0,15			

¹ Amb. = Ambientes; ² N^o A = Número de aplicações; ³ I.A = Ingrediente ativo.

A colheita foi realizada de forma gradativa, a medida que, os genótipos apresentassem 95% das vagens de coloração madura, com haste principal, ramificações e vagens secas (FARIAS et al., 2007).

Cabe ressaltar que para a característica produtividade de grãos, foram avaliados somente 29 genótipos em função da perda dos grãos colhidos do material M 5892 IPRO.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) com o intuito de se verificar a necessidade de transformação dos mesmos. Posteriormente procedeu-se com a análise de variância individual para cada ambiente com a finalidade de verificação da homogeneidade de variância, permitindo assim a realização da análise conjunta, cuja relação entre o QMR maior e o menor foi inferior a sete (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Os genótipos foram comparados pelo teste de agrupamento Scott-Knott, sendo todas as análises realizadas com o auxílio dos aplicativos computacionais SAS (SAS INSTITUTE INC., 2014) e GENES (CRUZ, 2013).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 ALTURA DE PLANTA NA MATURAÇÃO (APM)

Houve variação para a característica altura de planta na maturação dos genótipos em todos os ambientes avaliados (Tabela 6). Para Campo Mourão houve separação dos genótipos em sete grupos, o qual a amplitude máxima correspondeu a 0,87 m, a maior diferença entre os genótipos em todos os ambientes avaliados.

O material M 5892 IPRO despertou a atenção por apresentar a menor altura de planta na maturação (0,25 m) dentre todos os genótipos analisados, sendo agrupado de maneira isolada (Tabela 6). De acordo com as características fenotípicas fornecidas pela Monsanto a estatura média deste material corresponde a aproximadamente 0,90 m, com recomendação de cultivo para locais com altitude inferior a 600 m e de alta latitude.

Tabela 6. Altura de planta na maturação (APM) de genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.

Genótipos	Altura de Planta na Maturação (cm)								
	Campo Mourão			Itaipulândia			Palotina		
BMX ELITE RSF IPRO	78,58	c	A	78,17	d	A	77,33	c	A
BMX GARRA RSF IPRO	103,00	a	B	118,92	a	A	88,00	b	C
BMX ICONE RSF IPRO	108,83	a	A	114,50	a	A	81,33	c	B
BMX LANÇA RSF IPRO	71,08	d	B	64,50	e	B	90,00	b	A
BMX TORNADO RSF	105,67	a	A	102,50	b	A	76,67	c	B
BMX VANGUARDA RSF IPRO	92,33	b	A	91,00	c	A	97,00	a	A
BS IRGA 1642 IPRO	103,42	a	A	100,33	c	A	90,67	b	A
DM 5.9i	82,92	c	B	93,42	c	A	92,33	a	A
DM 54152 RSF IPRO	73,92	d	A	79,00	d	A	66,33	d	B
DM 5958 RSF IPRO	85,58	c	A	80,75	d	A	77,33	c	A
DM 61159 RSF IPRO	101,92	a	A	97,75	c	A	72,33	d	B
DM 6458 RSF IPRO	87,75	c	A	92,50	c	A	87,00	b	A
L.E. 01	47,92	e	C	63,17	e	B	86,33	b	A
L.E. 02	87,33	c	A	93,67	c	A	88,33	b	A
L.E. 03	95,50	b	A	95,75	c	A	75,67	c	B
L.E. 04	87,08	c	A	91,75	c	A	71,33	d	B
L.E. 14	88,33	c	B	99,50	c	A	83,33	b	B
L.E. 15	108,50	a	A	108,08	b	A	97,00	a	B
L.E. 16	96,50	b	A	94,08	c	A	81,33	c	B
M 5892 IPRO	25,25	f	C	65,42	e	B	90,33	b	A
M 5917 IPRO	96,17	b	A	95,58	c	A	84,67	b	B
M 5947 IPRO	101,25	a	A	92,75	c	B	88,00	b	B
M 6210 IPRO	112,75	a	A	108,33	b	A	75,67	c	B
M 6410 IPRO	110,33	a	A	102,83	b	A	79,33	c	B
NA 5909	93,17	b	A	89,58	c	A	78,00	c	B
NS 5445	66,33	d	A	66,42	e	A	67,33	d	A
NS 5959	93,75	b	A	88,42	c	A	98,00	a	A
NS 6909	83,83	c	A	83,00	d	A	66,67	d	B
SYN 1059	88,17	c	A	86,83	c	A	76,67	c	A
TMG 7062 IPRO	106,58	a	A	109,08	b	A	87,00	b	B
Amplitude	87,5			55,7			32,0		
Média Geral	89,5			91,6			82,4		
C.V (%)	4,4			7,6			12,4		

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Conforme a Figura 1, constatou-se que a temperatura média deste ambiente correspondeu a 24,5 °C. Segundo Sedyama et al. (1996) e Guimarães et al. (2008) temperaturas médias elevadas, especialmente as noturnas, superiores a 24 °C, são responsáveis por potencializar o desenvolvimento vegetativo do material induzindo-o ao florescimento precoce.

Além disto, por se tratar de uma cultivar com hábito de crescimento semi-determinado e cultivado em um ambiente de baixa latitude (em relação aos demais ambientes avaliados) (Tabela 1), onde a amplitude entre o dia mais longo

e o mais curto é menor, seu florescimento pode ter sido antecipado culminando com a diminuição na estatura da planta. Outro fator que pode estar associado é a variabilidade genética, onde cada material detém uma resposta específica às exigências fotoperiódicas limitando sua inserção em diferentes latitudes (NEVES, 2011).

Isto pode ser evidenciado ao se analisar o desempenho da cultivar TMG 7062 IPRO que detém o mesmo hábito de crescimento, no entanto sua altura não sofreu grande interferência. Uma possível alternativa para estimular o incremento em altura da cultivar M 5892 IPRO seria o ajuste de sua época de semeadura, pois de acordo com Rezende e Carvalho (2007) materiais que possuem ampla resposta ao fotoperíodo, apresentam época de plantio muito específica.

O agrupamento dos genótipos com maior altura de planta para Campo Mourão foi composto pelos genótipos: M 6210 IPRO, M 6410 IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, L.E.15, TMG 7062 IPRO, BMX TORNADO RSF IPRO, BS IRGA 1642 IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, DM 61159 RSF IPRO e M 5947 IPRO.

Tal resposta pode ser justificada ao se analisar a característica número de dias para maturação, no qual todos eles se encontram nos dois agrupamentos com médias superiores (Tabela 7). Para o ambiente de Itaipulândia foi detectado comportamento semelhante. Os dois grupos que se destacaram nesta característica são compostos pelos genótipos: BMX GARRA RSF IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, TMG 7062 IPRO, M 6210 IPRO, L.E.15, M 6410 IPRO e BMX TORNADO RSF IPRO, sendo que todos estes também se encontram nos dois agrupamentos com maiores médias para a característica número de dias para maturação.

Segundo Dybing (1994) quanto mais longo o ciclo do material maior será sua capacidade de se desenvolver e produzir massa seca, provavelmente em função do maior período para o crescimento e desenvolvimento vegetativo (MOTTA et al. 2000). Tais resultados estão de acordo com Bonato et al. (2001), que ao avaliarem cultivares de soja com ciclos distintos, observaram que cultivares de ciclo semi-tardio e tardio apresentaram altura de planta superior as de ciclo médio ou precoce.

O ambiente de Palotina foi aquele em que as plantas apresentaram a menor amplitude (0,32 m) e média (0,82 m) em sua altura na maturação, sendo

agrupadas desta maneira somente em quatro grupos (Tabela 6). Cabe ressaltar que plantas com baixa estatura, são desejáveis por amenizar a possibilidade de acamamento. Tal resposta é indesejável por ocasionar reduções na produtividade, em função de dificultar a colheita mecanizada e comprometer o enchimento e a qualidade de grãos.

Os genótipos NS 5959, L.E.15, BMX VANGUARDA RSF IPRO e DM 5.9_i compõem o agrupamento em que as plantas apresentaram médias elevadas. No entanto esta não era uma resposta esperada, por se tratarem de genótipos com baixo número de dias para maturação, com exceção do L.E.15 (Tabela 7), contrariando os resultados obtidos por Dybing (1994), Motta et al. (2000) e Bonato et al. (2001).

Os valores médios obtidos para altura de planta mostraram-se adequados para a colheita mecanizada, pois segundo Yokomizo (1999) valores inferiores a 60 cm podem resultar em perdas na colheita e, em consequência, reduzir os ganhos dos produtores. Rezende e Carvalho (2007) consideram plantas que apresentem altura variando entre 0,6 e 1,2 m como adequadas para a colheita mecanizada. Logo os genótipos L.E.01 e M 5892 IPRO dificultariam a realização desta prática, podendo até mesmo originar percas durante sua execução. Já Sedyama et al. (1996) mencionam que a estatura média das plantas pode oscilar entre 0,3 a 1,5 m, não comprometendo a colheita mecanizada quando realizada em solos planos e bem preparados.

Em relação ao desempenho dos genótipos quanto à altura de planta na maturação entre os ambientes analisados, detectou-se que para 18 destes os ambientes foram classificados em dois grupos. Para os genótipos DM 5.9_i e M 5947 IPRO, os ambientes de Itaipulândia e Palotina estão classificados no mesmo agrupamento, no entanto, o desempenho do material DM 5.9_i nestes ambientes foi superior ao de Campo Mourão, resposta inversa ao observado para o outro material. Para o material L.E.14 os ambientes de Campo Mourão e Palotina estão contidos no mesmo grupo, enquanto Itaipulândia apresentou desempenho superior.

Já para os 15 demais genótipos (L.E.15, BMX ICONE RSF IPRO, TMG 7062 IPRO, M 6210 IPRO, M 6410 IPRO, BMX TORNADO RSF, M 5917 IPRO, DM 61159 RSF IPRO, L.E.16, L.E.03, NA 5909, L.E.04, NS 6909, BMX LANÇA RSF IPRO e DM 54152 RSF IPRO) os ambientes de Campo Mourão e

Itaipulândia foram classificados no mesmo grupo e as plantas obtiveram altura de planta superior ao ambiente de Palotina.

Para os genótipos BMX ELITE RSF IPRO, NS 5445, L.E.02, DM 5958 RSF IPRO, NS 5959, SYN 1059, BS IRGA 1642 IPRO, DM 6458 RSF IPRO e BMX VANGUARDA RSF IPRO o seu desempenho nos três ambientes foram iguais, ou seja, todos estão contidos no mesmo grupo. Os genótipos L.E.01, M 5892 IPRO e BMX GARRA RSF IPRO obtiveram alta oscilação em seu comportamento nos ambientes avaliados, uma vez que, foram classificados em três grupos, sendo que para os dois primeiros o ambiente de Palotina sobressaiu perante os demais, enquanto que o BMX GARRA RSF IPRO se destacou em Itaipulândia.

3.2 NÚMERO DE DIAS PARA MATURAÇÃO (NDM)

Ocorreu variação para a característica número de dias para maturação dos genótipos em todos os ambientes avaliados. Para Campo Mourão houve separação dos genótipos em cinco grupos, o qual o período médio para a maturação correspondeu a 115,6 dias, o menor intervalo para maturação dos genótipos em todos os ambientes avaliados (Tabela 7).

Tal resposta pode ser compreendida a partir da análise dos dados pluviométricos da região (Figura 1). Em Campo Mourão registrou-se apenas 357,4 mm acumulados durante o desenvolvimento completo da cultura, correspondendo a menor quantidade entre todos os ambientes.

Segundo Farias et al. (2007) a necessidade hídrica total para o máximo rendimento da cultura varia entre 450 a 800 mm, sendo que os maiores rendimentos foram obtidos com 650 a 700 mm. Já Albrecht et al. (2009) relataram que precipitações ente 500 a 700 mm suprem as necessidades hídricas da cultura. No entanto este volume hídrico deve ser bem distribuído e podem variar de acordo com as condições climáticas, manejo da cultura e duração do ciclo (FARIAS et al., 2007).

Tabela 7. Número de dias para maturação (NDM) de genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.

Genótipos	Número de dias para maturação								
	Campo Mourão			Itaipulândia			Palotina		
BMX ELITE RSF IPRO	106,7	e	B	115,7	d	A	80,7	e	C
BMX GARRA RSF IPRO	119,7	b	C	126,0	b	B	134,0	b	A
BMX ICONE RSF IPRO	126,0	a	C	133,0	a	B	138,7	a	A
BMX LANÇA RSF IPRO	110,0	d	B	119,0	c	A	122,7	d	A
BMX TORNADO RSF	121,3	b	C	131,7	a	B	140,0	a	A
BMX VANGUARDA RSF IPRO	118,0	b	B	127,3	b	A	127,0	c	A
BS IRGA 1642 IPRO	121,3	b	C	130,7	a	B	134,0	b	A
DM 5.9i	112,0	d	B	123,3	c	A	126,0	c	A
DM 54152 RSF IPRO	105,0	e	C	111,0	e	B	119,3	d	A
DM 5958 RSF IPRO	110,7	d	C	120,3	c	B	125,0	c	A
DM 61159 RSF IPRO	121,3	b	B	132,7	a	A	132,3	b	A
DM 6458 RSF IPRO	114,0	c	C	125,0	b	B	130,7	b	A
L.E. 01	101,7	e	C	110,0	e	B	122,3	d	A
L.E. 02	110,0	d	B	122,7	c	A	124,0	c	A
L.E. 03	110,0	d	B	121,7	c	A	124,0	c	A
L.E. 04	111,3	d	C	119,0	c	B	127,0	c	A
L.E. 14	117,0	b	C	125,7	b	B	132,3	b	A
L.E. 15	120,0	b	B	131,3	a	A	132,3	b	A
L.E. 16	114,0	c	C	125,7	b	B	130,7	b	A
M 5892 IPRO	120,0	b	B	131,3	a	A	134,0	b	A
M 5917 IPRO	119,3	b	C	125,7	b	B	134,0	b	A
M 5947 IPRO	120,7	b	C	127,3	b	B	132,3	b	A
M 6210 IPRO	126,0	a	C	133,7	a	B	138,0	a	A
M 6410 IPRO	127,0	a	C	133,0	a	B	138,7	a	A
NA 5909	118,7	b	C	131,3	a	B	137,7	a	A
NS 5445	108,7	d	B	117,7	c	A	120,7	d	A
NS 5959	114,0	c	C	121,7	c	B	126,0	c	A
NS 6909	115,0	c	B	121,7	c	A	121,0	d	A
SYN 1059	110,0	d	B	123,3	c	A	121,3	d	A
TMG 7062 IPRO	118,7	b	B	127,3	b	A	130,7	b	A
Amplitude	25,3			23,7			59,3		
Média Geral	115,6			124,8			127,9		
C.V (%)	0,94			2,18			2,11		

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, estão agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Além das baixas precipitações, a análise granulométrica (Tabela 3) demonstra que o solo com o maior teor de argila ($575,5 \text{ g kg}^{-1}$) é o de Campo Mourão. Apesar dos solos argilosos apresentarem a maior capacidade de retenção hídrica, à medida que estes vão secando a capacidade das plantas absorverem água é dificultada, em função do aumento das forças de retenção do solo proporcionado pela área de superfície específica destes genótipos (RAIJ, 2011).

Com altas médias de temperatura (Figura 1) a demanda evaporativa da atmosfera provavelmente estava elevada assim como sua exigência hídrica. Logo estes fatores associados as baixas precipitações e disponibilidade de água no solo para a cultura pode ter comprometido seu desenvolvimento.

Thomas e Costa (1994), ao avaliarem a influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja, verificaram que a deficiência hídrica alterou o ciclo da cultura, uma vez que, nas áreas irrigadas os tratamentos demandaram 26 dias para alcançar a maturidade fisiológica, contra somente 10 dias da área não irrigada.

A justificativa para a redução no número de dias para maturação está atrelada principalmente a redução da produção de área foliar, fechamento estomático, aceleração da senescência e abscisão foliar (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Como as folhas consistem na estrutura responsável pela interceptação da radiação solar e conversão da energia solar em química, sua senescência ou abscisão reduz a quantidade dos fotoassimilados produzidos. Em função desta redução, o período necessário para o acúmulo progressivo dos fotoassimilados na forma de matéria seca nos grãos é menor, e conseqüentemente o desprendimento do funículo a placenta da semente é antecipado, culminando com a adiantamento da maturidade fisiológica.

De acordo com a Embrapa (2014) as cultivares são classificadas em precoce (até 115 dias), semiprecoce (116-125 dias), médio (126-137 dias) e semitardio (138-145 dias).

O agrupamento dos genótipos com maior número de dias para maturação em Campo Mourão é composto por: M 6410 IPRO, M 6210 IPRO e BMX ICONE RSF IPRO (Tabela 7), sendo todos eles classificados como cultivares de ciclo médio (Tabela 8).

Tabela 8. Classificação dos genótipos de soja, quanto ao seu desempenho para a característica número de dias para maturação em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.

Genótipos	Classificação Número de dias para maturação					
	Campo Mourão		Palotina		Itaipulândia	
	Dias	Classificação*	Dias	Classificação	Dias	Classificação
M 6410 IPRO	127,0	Médio	138,7	Semi-tardio	133,0	Médio
M 6210 IPRO	126,0	Médio	138,0	Semi-tardio	133,7	Médio
BMX ICONE RSF IPRO	126,0	Médio	138,7	Semi-tardio	133,0	Médio
BMX TORNADO RSF	121,3	Semiprecoce	140,0	Semi-tardio	131,7	Médio
BS IRGA 1642 IPRO	121,3	Semiprecoce	134,0	Médio	130,7	Médio
DM 61159 RSF IPRO	121,3	Semiprecoce	132,3	Médio	132,7	Médio
M 5947 IPRO	120,7	Semiprecoce	132,3	Médio	127,3	Médio
M 5892 IPRO	120,0	Semiprecoce	134,0	Médio	131,3	Médio
L.E. 15	120,0	Semiprecoce	132,3	Médio	131,3	Médio
BMX GARRA RSF IPRO	119,7	Semiprecoce	134,0	Médio	126,0	Médio
M 5917 IPRO	119,3	Semiprecoce	134,0	Médio	126,0	Médio
NA 5909	118,7	Semiprecoce	137,7	Médio	131,3	Médio
TMG 7062 IPRO	118,7	Semiprecoce	130,7	Médio	127,3	Médio
BMX VANGUARDA RSF IPRO	118,0	Semiprecoce	127,0	Médio	127,3	Médio
L.E. 14	117,0	Semiprecoce	132,3	Médio	125,7	Médio
NS 6909	115,0	Precoce	121,0	Semiprecoce	121,7	Semiprecoce
NS 5959	114,0	Precoce	126,0	Médio	121,7	Semiprecoce
DM 6458 RSF IPRO	114,0	Precoce	130,7	Médio	125,0	Semiprecoce
L.E. 16	114,0	Precoce	130,7	Médio	125,7	Semiprecoce
DM 5.9i	112,0	Precoce	126,0	Médio	123,3	Semiprecoce
L.E. 04	111,3	Precoce	127,0	Médio	119,0	Semiprecoce
DM 5958 RSF IPRO	110,7	Precoce	125,0	Semiprecoce	120,3	Semiprecoce
BMX LANÇA RSF IPRO	110,0	Precoce	122,7	Semiprecoce	119,0	Semiprecoce
L.E. 02	110,0	Precoce	124,0	Semiprecoce	122,7	Semiprecoce
L.E. 03	110,0	Precoce	124,0	Semiprecoce	121,7	Semiprecoce
SYN 1059	110,0	Precoce	121,3	Semiprecoce	123,3	Semiprecoce
NS 5445	108,7	Precoce	120,7	Semiprecoce	117,7	Semiprecoce
BMX ELITE RSF IPRO	106,7	Precoce	80,7	Precoce	116,0	Semiprecoce
DM 54152 RSF IPRO	105,0	Precoce	119,3	Semiprecoce	111,0	Precoce
L.E. 01	101,7	Precoce	122,3	Semiprecoce	110,0	Precoce

* Precoce (até 115 dias), semiprecoce (116-125,9 dias), médio (126-137,9 dias) e semitardio (138-150 dias).

Os genótipos BMX TORNADO RSF IPRO, BS IRGA 1642 IPRO, DM 61I59 RSF IPRO, M 5947 IPRO, M 5892 IPRO, L.E.15, BMX GARRA RSF IPRO, M 5917 IPRO, NA 5909, TMG 7062 IPRO, BMX VANGUARDA RSF IPRO e L.E.14 compõem o segundo agrupamento, sendo integralmente classificados como plantas de ciclo semiprecoce (Tabela 8). Os demais genótipos, apesar de constituírem mais três agrupamentos foram classificados como de ciclo precoce, destacando os genótipos BMX ELITE RSF IPRO, DM 54I52 RSF IPRO e L.E.01 por integrarem o agrupamento de plantas com ciclo mais precoce.

Itaipulândia foi o ambiente em que as plantas apresentaram a menor amplitude para o número de dias para maturação, classificando os genótipos em cinco grupos. O agrupamento em que os genótipos demandaram maior período para atingir a maturação é composto por: M 6210 IPRO, M 6410 IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, DM 61I59 RSF IPRO, BMX TORNADO, M 5892 IPRO, NA 5909, L.E.15 e BS IRGA 1642 IPRO sendo todas consideradas como cultivares de ciclo médio.

O agrupamento (Tabela 8) composto pelos genótipos M 5947 IPRO, TMG 7062 IPRO, BMX VANGUARDA RSF IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, M 5917 IPRO, L.E.14, L.E.16 e DM 6458 RSF IPRO, foram classificados em dois grupos de maturação, sendo os quatro primeiros como de ciclo médio e os demais como semiprecoce, assim como os genótipos SYN 1059, DM 5.9i, L.E.02, L.E.03, NS 5959, NS 6909, DM 5958 RSF IPRO, BMX LANÇA RSF IPRO, L.E.04 e NS 5445 pertencentes ao terceiro agrupamento. Os genótipos restantes são de ciclo precoce (Tabela 8).

Palotina foi o ambiente em que as plantas apresentaram a maior amplitude (59,3) e média (127,9) para a maturação, sendo agrupadas em cinco grupos (Tabela 7).

Tal comportamento está associado a incidência de baixas temperaturas ao longo do desenvolvimento da cultura (Figura 2). Garner e Allard (1930) ao trabalharem com fotoperíodo constante observaram que a temperatura influencia acintosamente no tempo de florescimento e maturação. Pascale (1969) detectou a existência de uma relação inversamente proporcional entre a temperatura média e o número de dias para floração, logo quanto mais baixas as temperaturas, maior será o período necessário para que ocorra florescimento e consequentemente a maturação fisiológica.

Em virtude disto, todos os genótipos, com exceção do NA 5909, que compõem o agrupamento que demandou o maior período para alcançar a maturação fossem classificados como de ciclo semitardio.

A cultivar BMX ELITE RSF IPRO quando cultivada no ambiente de Palotina, despertou a atenção por se tratar do material que apresentou a maior precocidade dentre todos os genótipos analisados. De acordo com a Embrapa (2008) um mesmo material pode apresentar resposta diferente quando submetido a ambientes distintos, com condições edafoclimáticas diferentes e principalmente altitude e latitude.

De acordo com a Embrapa (2014) o ciclo das cultivares mais utilizadas no Brasil variam entre 122 a 137 dias, entretanto, de maneira geral o ciclo das cultivares empregadas pode variar entre 75 a 200 dias. Desta forma, todos os genótipos avaliados são passíveis de utilização.

Em relação ao desempenho dos genótipos quanto ao número de dias para maturação entre os ambientes analisados, foi detectado que para treze destes os ambientes foram classificados em dois grupos. Para os genótipos DM 61159 RSF IPRO, M 5892 IPRO, L.E.15, TMG 7062 IPRO, BMX VANGUARDA RSF IPRO, DM 5.9i, NS 6909, L.E.02, L.E.03, SYN 1059, BMX LANÇA RSF IPRO e NS 5445, os ambientes de Itaipulândia e Palotina estão no mesmo agrupamento e se sobressaíram perante Campo Mourão.

Os genótipos M 6410 IPRO, M 6210 IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, BMX TORNADO RSF IPRO, NA 5909, BS IRGA 1642 IPRO, M 5947 IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, M 5917 IPRO, L.E.14, L.E.16, DM 6458 RSF IPRO, NS 5959, L.E.04, DM 5958 RSF IPRO, DM 54152 RSF IPRO e L.E.01 obtiveram alta oscilação em seu comportamento nos ambientes avaliados, uma vez que, foram classificados em três grupos, sendo que o ambiente de Palotina sobressaiu perante os demais.

O material BMX ELITE RSF IPRO também apresentou alta oscilação em seu comportamento, sendo que Itaipulândia superou os demais ambientes.

3.3 NÚMERO DE LEGUMES (NLPP) E NÚMERO DE GRÃOS POR PLANTA (NGPP)

Ocorreu variação para as características NLPP e NGPP em todos os ambientes avaliados. Itaipulândia consistiu no ambiente que apresentou as menores médias (44,9 vagens/planta e 122,8 grãos/planta), juntamente com as menores amplitudes (31,5 vagens/planta e 98,9 grãos/planta), sendo ambas as características classificadas em dois agrupamentos (Tabela 9).

Com relação a característica número de legumes por planta neste ambiente, os genótipos BMX VANGUARDA, L.E.16, TMG 7062 IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, DM 6458 RSF IPRO, DM 61159 RSF IPRO, BMX ELITE RSF IPRO, L.E.03, DM 5.9i, L.E.15, L.E.02 e L.E.04 comporam o agrupamento com maior número de legumes, enquanto os demais estão contidos no segundo agrupamento. Todos estes genótipos, com exceção do L.E.15, também integram o agrupamento com o maior número de grãos por planta.

Campo Mourão apresentou os maiores valores de amplitude para ambas as características entre todos os ambientes avaliados, sendo estas agrupadas em quatro grupos. Tanto para a característica número de legumes e número de grãos por planta o material M 5892 IPRO se destacou negativamente por apresentar os menores valores, sendo agrupado de forma isolada.

Tal comportamento pode estar associado à sua altura de planta na maturação. Sedyama (2009) menciona que plantas com menor estatura, geralmente apresentam um menor número de nós. Bastidas et al., (2008) evidencia que quando se tem um maior número de nós, o potencial produtivo é potencializado em função destas estruturas servirem como locais para o desenvolvimento reprodutivo, favorecendo a formação de vagens.

Tabela 9. Número de legumes por planta (NLPP) e número de grãos por planta (NGPP) de genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.

Genótipos	Número de legumes por planta						Número de grãos por planta					
	Campo Mourão		Itaipulândia		Palotina		Campo Mourão		Itaipulândia		Palotina	
BMX ELITE RSF IPRO	54,5	b A	51,1	a A	54,8	b A	150,6	b A	132,8	a A	153,2	b A
BMX GARRA RSF IPRO	71,6	a A	53,4	a B	67,2	a A	199,0	a A	152,1	a A	185,7	a A
BMX ICONE RSF IPRO	82,2	a A	41,6	b B	74,8	a A	220,1	a A	110,2	b B	201,1	a A
BMX LANÇA RSF IPRO	43,4	c B	33,9	b B	54,9	b A	121,1	c A	90,5	b B	145,7	b A
BMX TORNADO RSF	55,9	b B	39,9	b C	74,0	a A	141,4	b B	105,9	b B	208,4	a A
BMX VANGUARDA RSF IPRO	74,6	a A	61,0	a A	67,3	a A	213,5	a A	181,9	a A	181,9	a A
BS IRGA 1642 IPRO	57,8	b A	36,5	b B	59,2	b A	151,7	b A	94,9	b B	166,6	b A
DM 5.9i	56,4	b B	49,6	a B	78,3	a A	148,5	b B	139,7	a B	208,0	a A
DM 54152 RSF IPRO	56,9	b A	44,2	b A	57,7	b A	163,9	b A	123,3	b B	165,6	b A
DM 5958 RSF IPRO	56,3	b A	41,2	b B	66,3	a A	151,4	b A	113,5	b B	183,7	a A
DM 61159 RSF IPRO	48,6	b A	52,9	a A	63,7	a A	123,9	c B	153,9	a A	176,7	a A
DM 6458 RSF IPRO	54,8	b A	53,2	a A	66,6	a A	145,0	b B	143,6	a B	189,9	a A
L.E. 01	47,3	b B	32,8	b B	78,8	a A	135,3	b B	92,3	b C	224,6	a A
L.E. 02	57,5	b A	48,8	a A	66,4	a A	158,2	b A	134,8	a A	184,5	a A
L.E. 03	61,3	b A	49,9	a A	60,4	b A	167,4	a A	134,8	a B	166,0	b A
L.E. 04	53,2	b A	48,4	a A	59,9	b A	145,0	b A	132,9	a A	165,7	b A
L.E. 14	71,8	a A	38,3	b B	49,3	b B	181,7	a A	106,4	b B	136,8	b B
L.E. 15	80,9	a A	49,5	a B	78,4	a A	205,4	a A	122,0	b B	210,1	a A
L.E. 16	70,9	a A	59,9	a A	67,0	a A	179,8	a A	164,2	a A	186,2	a A
M 5892 IPRO	25,4	d B	37,8	b B	80,4	a A	65,2	d B	104,9	b B	223,2	a A
M 5917 IPRO	52,8	b B	43,0	b B	65,3	a A	147,3	b B	120,0	b B	180,8	a A
M 5947 IPRO	66,8	a A	44,0	b B	54,0	b B	183,3	a A	118,6	b B	150,9	b B
M 6210 IPRO	77,6	a A	39,5	b B	66,4	a A	204,5	a A	108,1	b B	186,7	a A
M 6410 IPRO	69,4	a A	39,8	b B	67,0	a A	186,1	a A	112,3	b B	180,3	a A
NA 5909	64,3	a B	42,2	b B	53,1	b A	170,1	a A	107,2	b B	145,3	b A
NS 5445	39,6	c B	29,5	b B	60,9	b A	111,9	c B	83,1	b B	168,7	b A
NS 5959	47,6	b B	45,0	b B	69,7	a A	133,1	b B	125,6	b B	183,4	a A
NS 6909	59,1	b A	42,0	b B	44,7	b B	156,4	b A	118,6	b A	124,5	b A
SYN 1059	61,2	b A	43,7	b B	58,1	b A	161,6	b A	109,4	b B	158,0	b A
TMG 7062 IPRO	72,5	a A	53,4	a B	74,8	a A	197,4	a A	147,6	a B	206,8	a A
Amplitude	56,8		31,5		35,8		154,9		98,9		100,2	
Média Geral	59,7		44,9		64,6		160,7		122,8		178,3	
C.V (%)	17,8		21,8		28,4		18,4		25,7		27,7	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Kantolic et al., (2007) ao avaliarem a influência da exposição da soja a longos períodos de fotoperíodo sobre o número de grãos por planta, detectaram correlação positiva entre o aumento do número de nós com aumento no número de sementes, corroborando com os resultados de Perderson et al., (2004) que encontraram maior número de legumes e de sementes em genótipos de soja com maior número de nós.

Para o componente número de legumes por planta no ambiente de Campo Mourão, os genótipos BMX ICONE RSF IPRO, L.E.15, M 6210 IPRO, BMX VANGUARDA RSF IPRO, TMG 7062 IPRO, L.E.14, BMX GARRA RSF IPRO, L.E.16, M 6410 IPRO, M 5947 IPRO e NA 5909 correspondem ao agrupamento com maior média. Da mesma forma, estes também integram juntamente com o material L.E.03 o agrupamento com média superior para a característica número de grãos por planta.

Palotina apresentou as maiores médias para ambas as características entre todos os ambientes avaliados, sendo estas agrupadas em dois grupos. Os genótipos M 5892 IPRO, L.E.01, L.E.15, DM 5.9i, BMX ICONE RSF IPRO, TMG 7062 IPRO, BMX TORNADO RSF IPRO, NS 5959, BMX VANGUARDA RSF IPRO, L.E.16, M 6410 IPRO, DM 6458 RSF IPRO, L.E.02, M 6210 IPRO, DM 5958 RSF IPRO, M 5917 IPRO e DM 61159 RSF IPRO correspondem ao agrupamento com médias superiores para ambas as características em Palotina, enquanto os demais formam o segundo grupo.

Neste ambiente o material M 5892 IPRO despertou a atenção de maneira positiva, por integrar o agrupamento com as maiores médias em ambas as características, comportamento este inverso ao observado nos demais ambientes. Tal desempenho demonstra uma melhor resposta genética do material as condições ambientais e de cultivo, fornecendo um indicativo de melhor adaptação a este ambiente especificamente.

Em relação ao desempenho dos genótipos quanto ao número de legumes por planta entre os ambientes analisados, foi detectado que para vinte genótipos os ambientes foram classificados em dois grupos. Para os genótipos BMX ICONE RSF IPRO, L.E.15, M 6210 IPRO, TMG 7062 IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, M 6410 IPRO, SYN 1059, BS IRGA 1642 IPRO e DM 5958 RSF IPRO os ambientes de Campo Mourão e Palotina estão no mesmo agrupamento e se sobressaíram perante Itaipulândia. Em Palotina os genótipos NA 5909, DM 5.9i,

M 5917 IPRO, NS 5959, L.E.01, BMX LANÇA RSF IPRO, NS 5445 e M 5892 IPRO tiveram desempenho superior com relação aos demais ambientes, enquanto que, para Campo Mourão os genótipos L.E.14, M 5947 IPRO e NS 6909 obtiveram desempenho superior perante os demais. O material BMX TORNADO RSF IPRO consistiu no único que obteve alta oscilação em seu comportamento sendo classificado em três grupos, sendo que o ambiente de Palotina sobressaiu perante os demais. Os demais genótipos obtiveram o mesmo desempenho nos três ambientes, ou seja, todos estão contidos no mesmo agrupamento.

Para a característica número de grãos por planta entre os ambientes analisados, foi detectado que para vinte e dois genótipos os ambientes foram classificados em dois grupos. Para os genótipos BMX ICONE RSF IPRO, L.E.15, M 6210 IPRO, TMG 7062 IPRO, M 6410 IPRO, NA 5909, L.E.03, DM 54I52 RSF IPRO, SYN 1059, BS IRGA 1642 IPRO, DM 5958 RSF IPRO e BMX LANÇA RSF IPRO os ambientes de Campo Mourão e Palotina estão no mesmo agrupamento e se sobressaíram perante Itaipulândia. Já o material DM 61I59 RSF IPRO obteve desempenho superior nos ambientes de Itaipulândia e Palotina.

Para Palotina os genótipos DM 5.9i, M 5917 IPRO, DM 6458 RSF IPRO, BMX TORNADO RSF IPRO, NS 5959, NS 5445 e M 5892 IPRO tiveram desempenho superior com relação aos demais ambientes, enquanto que, para Campo Mourão os genótipos M 5947 IPRO e L.E.14 obtiveram a melhor resposta perante os demais. Os genótipos BMX VANGUARDA RSF IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, L.E.16, L.E.02, NS 6909, BMX ELITE RSF IPRO e L.E.04 obtiveram o mesmo desempenho nos três ambientes e estão contidos no mesmo agrupamento. O material L.E.01 foi o único que obteve alta oscilação em seu comportamento sendo classificado em três grupos, na qual o ambiente de Palotina se sobressaiu perante os demais.

3.4 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

Ocorreu variação para a característica produtividade em todos os ambientes avaliados. No ambiente de Palotina a produtividade média correspondeu a 5440 Kg ha⁻¹ e amplitude de 2513 Kg ha⁻¹, as maiores entre os ambientes avaliados (Tabela 10).

Tabela 10. Produtividade de grãos (Kg ha⁻¹) dos genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.

Genótipos	Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)		
	Campo Mourão	Itaipulândia	Palotina
BMX ELITE RSF IPRO	3.717 b B	3.944 b B	4.940 c A
BMX GARRA RSF IPRO	4.579 a B	5.207 a B	6.045 a A
BMX ICONE RSF IPRO	4.259 a B	4.192 a B	5.909 a A
BMX LANÇA RSF IPRO	4.143 a B	3.438 c C	4.932 c A
BMX TORNADO RSF	4.164 a B	3.829 b B	6.283 a A
BMX VANGUARDA RSF IPRO	3.627 b B	4.076 a B	5.643 b A
BS IRGA 1642 IPRO	3.994 a B	3.973 b B	6.085 a A
DM 5.9i	3.144 c C	4.297 a B	5.292 b A
DM 54152 RSF IPRO	4.051 a B	4.136 a B	5.139 c A
DM 5958 RSF IPRO	3.980 a B	4.215 a B	5.061 c A
DM 61159 RSF IPRO	3.919 a B	4.301 a B	6.141 a A
DM 6458 RSF IPRO	4.243 a B	4.255 a B	5.559 b A
L.E. 01	2.558 c B	3.045 c B	3.770 d A
L.E. 02	4.647 a B	4.709 a B	5.983 a A
L.E. 03	3.893 a B	4.604 a A	4.953 c A
L.E. 04	4.393 a B	4.553 a B	5.551 b A
L.E. 14	4.235 a B	4.378 a B	5.436 b A
L.E. 15	3.841 a B	3.825 b B	5.419 b A
L.E. 16	4.148 a B	4.403 a B	5.753 b A
M 5917 IPRO	4.119 a B	4.372 a B	5.859 a A
M 5947 IPRO	4.355 a B	3.881 b B	6.174 a A
M 6210 IPRO	4.329 a B	4.041 a B	5.475 b A
M 6410 IPRO	3.661 b B	3.971 b B	6.106 a A
NA 5909	3.771 b B	4.191 a B	4.991 c A
NS 5445	3.802 b A	3.236 c A	3.942 d A
NS 5959	4.199 a B	4.250 a B	5.331 b A
NS 6909	3.894 a B	4.063 a B	5.149 c A
SYN 1059	3.439 b C	4.298 a B	5.367 b A
TMG 7062 IPRO	3.559 b C	4.332 a B	5.462 b A
Amplitude	2.089	2.162	2.513
Média Geral	3.954	4.138	5.440
C.V (%)	9,45	9,74	7,66

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P < 0,05).

Este alto desempenho pode estar associado ao maior período de tempo demandado pela cultura para alcançar a maturidade fisiológica (Tabela 7). De

acordo com Dybing (1994) as características ciclo e produtividade correlacionam-se positivamente e de forma diretamente proporcional.

Tal comportamento está de acordo com os resultados obtidos por Barbosa et al. (2013) que ao avaliarem o desempenho agrônomico e os componentes da produção de cultivares de soja durante três safras em dois anos agrícolas na região do Arenito Caiuá, concluíram que a utilização de cultivares com ciclo mais longo favoreceram o desempenho produtivo da cultura.

Como as cultivares de ciclo longo detém maior capacidade de produzir massa seca, e em função desta corresponder a reserva potencial da planta, a formação de estruturas reprodutivas e o enchimento de grãos são potencializados (DYBING, 1994).

Este comportamento pode ser comprovado ao se analisar a resposta dos genótipos para as características número de legumes e número de grãos por planta (Tabela 9), no ambiente de Palotina, que correspondeu as maiores médias e culminou com as maiores produtividades.

Outro fator que contribuiu para as elevadas produtividades em Palotina foi o volume pluviométrico acumulado e sua distribuição ao longo do desenvolvimento da cultura, principalmente no período reprodutivo (Figura 2).

Neste ambiente ocorreu separação dos genótipos em quatro grupos. A produtividade dos genótipos que compõem o agrupamento com médias superiores variou entre 5.859 e 6.283 Kg ha⁻¹, englobando nove genótipos, sendo eles: BMX TORNADO RSF IPRO, M 5947 IPRO, DM 61I59 RSF IPRO, M 6410 IPRO, BS IRGA 1642 IPRO, BMX GARRA RSF IPRO, L.E.02, BMX ICONE RSF IPRO e M 5917 IPRO (Tabela 9). Os genótipos NS 5445 e L.E.01 comporam o agrupamento dos genótipos com produtividade inferior a 4.000 Kg ha⁻¹, as menores neste ambiente.

Dentre todos os ambientes, Campo Mourão foi o que apresentou a menor média (3.954 Kg ha⁻¹) e amplitude (2.089 Kg ha⁻¹) para produtividade de grãos. Este desempenho está atrelado principalmente a precipitações baixas e mal distribuídas (Figura 1) ao longo do desenvolvimento da cultura, que ocasionou a aceleração de sua maturação, influenciando negativamente os componentes número de legumes e número de grãos por planta, resultando nas baixas produtividades observadas.

Neste ambiente foram formados três grupos, na qual o agrupamento com as maiores médias oscilou entre 3.841 e 4.647 Kg ha⁻¹, sendo composto por vinte genótipos. O agrupamento constituído pelos genótipos DM 5.9_i e L.E.01 apresentaram produtividade inferior a 3.200 Kg ha⁻¹, integrando o grupo com as menores médias.

Em Itaipulândia a produtividade média correspondeu a 4.138 Kg ha⁻¹ com amplitude de 2.162 Kg ha⁻¹, formando três agrupamentos. Os genótipos BMX GARRA RSF IPRO, L.E.02, L.E.03, L.E.04, L.E.16, L.E.14, M 5917 IPRO, TMG 7062 IPRO, DM 61159 RSF IPRO, SYN 1059, DM 5.9_i, DM 6458 RSF IPRO, NS 5959, DM 5958 RSF IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, NA 5909, DM 54152 RSF IPRO, BMX VANGUARDA RSF IPRO, NS 6909 e M 6210 IPRO integram o agrupamento com as maiores médias, sendo que a produtividade oscilou entre 4.041 a 5.207 Kg ha⁻¹, enquanto os genótipos BMX LANÇA RSF IPRO, NS 5445 e L.E.01 apresentaram o pior desempenho neste ambiente.

Dentre todos os genótipos analisados, o L.E.01 se destacou negativamente por sempre integrar o agrupamento com as menores médias produtivas em todos os ambientes avaliados. Este comportamento demonstra uma baixa interação entre o potencial genético do material com os ambientes avaliados, sendo seu cultivo não recomendado nestes locais.

Com relação ao desempenho dos genótipos entre os ambientes avaliados, detectou-se que para vinte e quatro destes os ambientes foram classificados em dois agrupamentos. Para os genótipos L.E.02, BMX GARRA RSF IPRO, L.E.04, M 5947 IPRO, M 6210 IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, DM 6458 RSF IPRO, L.E.14, NS 5959, BMX TORNADO RSF IPRO, L.E.16, M 5917 IPRO, DM 54152 RSF IPRO, BS IRGA 1642 IPRO, DM 5958 RSF IPRO, DM 61159 RSF IPRO, NS 6909, L.E.15, NA 5909, BMX ELITE RSF IPRO, M 6410 IPRO, BMX VANGUARDA RSF IPRO e L.E.01 o ambiente de Palotina se sobressaiu perante os demais que estão contidos no mesmo agrupamento, a medida que, o material L.E.03 apresentou desempenho superior em Itaipulândia e Palotina.

Os genótipos BMX LANÇA RSF IPRO, TMG 7062 IPRO, SYN 1059 e DM 5.9_i apresentaram alta oscilação em seu desempenho, sendo classificados em três grupos, o qual, o ambiente de Palotina se sobressaiu. O material NS 5445

se destacou por sofrer a menor variação de desempenho produtivo entre os ambientes, estando todos contidos no mesmo agrupamento.

As estimativas do teste de correlação de Pearson entre a produtividade de grãos com os componentes de produção avaliados estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Matriz de correlação linear simples entre a produtividade de grãos e os componentes de produção dos genótipos de soja, cultivados em três ambientes (Campo Mourão, Itaipulândia e Palotina), no ano agrícola de 2016/17.

Atributos ⁽¹⁾	Coeficiente de correlação ⁽²⁾			
	PROD	APM	NDM	NLPP
APM	-0,102			
NDM	0,556**	0,130		
NLPP	0,264**	0,344**	0,106	
NGPP	0,277**	0,317**	0,117	0,982**

⁽¹⁾ PROD, APM, NDM, NLPP e NGPP são respectivamente a produtividade de grãos, altura de planta na maturação, número de dias para maturação, número de legumes e número de grãos por planta; ⁽²⁾ ** Significativo a 1% de probabilidade de erro.

Foi detectado significância para os pares: 1) NGPP x NLPP ($r = 0,982^{**}$), 2) NDM x PROD ($r = 0,556^{**}$), 3) NLPP x APM ($r = 0,344^{**}$), 4) NGPP x APM ($r = 0,317^{**}$), 5) NGPP x PROD ($r = 0,277^{**}$) e 6) NLPP x PROD ($r = 0,264^{**}$), sendo todas positivas. Cohen (1988) e Santos (2010) consideram correlações com valores variando entre 0 a 29% como baixas, de 30 a 49% como médias e de 50 a 100% como altas. Desta maneira os pares 1 e 2 apresentaram alta correlação, 3 e 4 correlação média, enquanto os demais demonstraram baixa correlação.

A alta correlação existente entre as características NGPP x NLPP corroboram com os resultados obtidos por Dalchiavon e Carvalho (2012), que ao analisar as correlações entre os componentes de produção e a variabilidade espacial da produtividade da cultura da soja, detectaram alta correlação positiva entre NGP x NVP ($r = 0,885^{**}$), indicando que com o aumento do NLPP maior será o NGPP.

Val (2014) ao trabalhar com dois experimentos, o primeiro composto por 23 linhagens e o segundo com 46 linhagens, visando estimar parâmetros genéticos em linhagens avançadas de soja, detectou correlação positiva entre NDM x PROD em ambos os experimentos, concordando com os resultados obtidos neste trabalho. Este consistiu no componente que mais contribuiu com a

produtividade de grãos. Segundo Dybing (1994) geralmente estas características correlacionam-se positivamente, em função do maior período utilizado para a produção de massa seca. Entretanto, nos trabalhos desenvolvidos por Godoi et al. (2005) e Yokomizo (2016) a correlação entre estes dois componentes foi negativa e a justificativa atribuída para tal comportamento esteve associada a seleções impostas visando a precocidade.

A correlação positiva entre os pares 3 e 4, indica que quanto maior for a APM maior será o NLPP e conseqüentemente o NGPP. Este comportamento pode estar associado ao fato de que plantas com maior estatura detenham um maior número de nós e em função destas estruturas servirem como locais para o desenvolvimento reprodutivo, a formação de legumes e por consequência de grãos é favorecida (SEDIYAMA, 2009; BASTIDAS et al., 2008).

No entanto, neste trabalho não se detectou correlação significativa entre APM x PROD, contrariando os resultados obtidos por Heiffig (2002), Godoi et al. (2005), Val (2014) e Yokomizo (2016), que obtiveram correlação significativa de 0,54, 0,21, 0,58 e 0,20 respectivamente, sendo o motivo desta resposta desconhecida.

A resposta observada pelos pares 5 e 6 corroboram com os resultados obtidos por Val (2014). Entretanto contraria os resultados obtidos por Board et al. (1997) que concluíram que o NLPP consistiu no componente de produção que mais contribuiu com o rendimento de grãos.

4 CONCLUSÃO

O componente de produção número de dias para maturação foi o que mais contribuiu com a produtividade de grãos. Palotina propiciou as maiores médias de produtividade de grãos, número de dias para maturação, número de legumes e número de grãos por planta, a medida que, Campo Mourão apresentou as menores médias para produtividade de grãos e número de dias para maturação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; ÁVILA, M.R.; SCAPIM, C.A.; BARBOSA, M.C.; STULP, M. Sementes de soja produzidas em épocas de safrinha na região oeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 121-127, 2009.

BARBOSA, M.C.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P.; PICCININ, G.G.; ZUCARELI, C. Desempenho agrônomo e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito caiua. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013.

BASTIDAS, A.M.; SETIYONO, T.D.; DOBERMANN, A.; CASSMAN, K.G.; ELMORE, R.W.; GRAEF, G.L.; SPECHT, J.E. Soybean sowing date: the vegetative, reproductive, and agronomic impacts. **Crop Science**, v. 48, p. 727-740, 2008.

BOARD, J.E.; KANG, M.S.; HARVILLE, B.G. Path analysis identify indirect selection criteria for yield of late planted soybean. **Crop Science**, v. 37, n. 3, p. 879-884, 1997.

BONATO, E.R.; LANGE, C.E.; BERTAGNOLLI, P.F. Desempenho de cultivares de soja de diferentes ciclos em semeaduras de dezembro, na região do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 935-940, 2001.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. New York: Psychology Press, 1988. 567 p.

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P. Correlação linear e especial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL - DERAL. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ - SEAB. **Estimativa do custo de produção**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=228>>. Acessado 21 de fevereiro de 2018.

DYBING, C.D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. **Crop Science**, v. 34, n. 2, p. 489-497, 1994.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 262 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 265 p.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. Circular técnica 48.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1981. (Special Report, 80). 12 p.

FERRARI, S. Development and yield of soybean plant spacing and growth regulator application of upswing. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 365-371, 2008.

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. **Journal of Agricultural Research**, v. 41, n. 10, p. 719-735, 1930.

GODOI, C.R.C.; NETO, A.N.S.; PINHEIRO, J.B. Avaliação do desempenho de linhagens de soja, resistentes ao complexo de percevejos, cultivadas em diferentes densidades de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 1, p. 85-93, 2005.

GUIMARÃES, F.S.; REZENDE, P.M.; CASTRO, E.M; CARVALHO, E.A.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, E.R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering. **Annals of Botany**, v. 99, n. 5, p. 925-933, 2007.

MOTTA, I. de M.; BRACCINI, A. de L.E.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES, A.C.A.; BRACCINI, M. do C.L. Características agrônômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p.153-162, 2000.

NEVES, J.A. **Desempenho agrônômico de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em Teresina-PI**. 2011. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

PASCALE, A.J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soya en la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía e Veterinaria**, v. 17, n. 3, p. 31-38, 1969.

PIMENTEL-GOMES, F. Análise de grupos de experimentos. In:_____. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 139-159.

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 5, p.1372-1381, 2004.

RABOBANK. Perspectivas para o agronegócio brasileiro. **Rabobank**, v. 1, n. 1, p.1-56, 2018.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

REZENDE, P.M.; CARVALHO, E.A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.

SANTOS, C. **Estatística Descritiva: manual de auto-aprendizagem**. Lisboa: Edições Sílabo, 2010. 264 p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBREERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed rev. Ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SAS INSTITUTE INC. **SAS University Edition: instalation guide**. Cary; SAS Institute, 2014. Disponível em: < https://www.sas.com/pt_br/home.html >. Acessado 20 de janeiro de 2018.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja – I Parte**. 3 Reimpressão. Viçosa: UFV, 1996. 96 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009. 314 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In:_____. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2009. cap. 26, p. 738-770.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 1389-1396, 1994.

VAL, B.H.P. **Estimativas de parâmetros genéticos em linhagens avançadas de soja**. 2014. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

YOKOMIZO, G. K. **Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão**. 1999. 170p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 1999.

YOKOMIZO, G.K. **Desempenho de cultivares e linhagens experimentais de soja no cerrado amapaense entre 2008 e 2013**. Macapá: Embrapa Amapá, 2016. 23 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 94.

3 ARTIGO 2

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE SOJA NO PARANÁ

Resumo

Atualmente o cultivo da soja está distribuído em praticamente todas as regiões do país. Entretanto esta difusão ampla só foi possível através dos programas de melhoramento. No entanto, mesmo que as cultivares apresentem excelentes características agronômicas após o melhoramento, seu desempenho é constantemente afetado pelas oscilações ambientais oriundas da interação genótipo x ambiente. Afim de prever tais efeitos e direcionar os genótipos de melhor performance em cada ambiente, tem-se utilizado parâmetros matemáticos para identificar os genótipos superiores em produtividade e estabilidade de produção. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de soja seguindo as metodologias propostas por Eberhart e Russel (1996) e Lin e Binns (1988). O delineamento experimental utilizado consistiu no delineamento de blocos casualizados, composto por três repetições, 29 cultivares e três ambientes (Palotina – PR, Itaipulândia – PR e Campo Mourão – PR), na safra 2016/17. Cada parcela experimental foi formada por 4 linhas, espaçadas entre si em 0,5 m e com 5 m de comprimento. Avaliou-se a produtividade grãos (kg ha^{-1}), obtida pela colheita das duas linhas centrais da parcela, eliminando 0,5 m da extremidade de cada fileira, sendo os valores corrigidos para 13% de umidade. Os valores de rendimento foram submetidos a análises de variância individuais, onde verificou-se efeito significativo para a fonte de variação genótipo em todos os ambientes. Em seguida, procedeu-se com a análise conjunta. Com base na metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966), verificou-se que 13 cultivares apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) e 16 a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$), sendo que somente as cultivares L.E.03 e NS 5445 apresentaram R^2 inferior a 80%. Todos os genótipos avaliados apresentaram desvio da regressão significativo, ou seja, baixa estabilidade fenotípica ($S^2_d > 0$). Já a metodologia de Lin e Binns (1988) classificou os genótipos BMX GARRA RSF IPRO, L.E. 02 e L.E. 04 como de alta estabilidade

e adaptados a ambientes desfavoráveis, enquanto os genótipos BMX TORNADO RSF IPRO, M 5947 IPRO e DM 61159 RSF IPRO com baixa estabilidade e adaptados a ambientes favoráveis.

Palavras-chave: Eberhart e Russel; Lin e Binns; interação G x A; *Glycine max*.

Abstract

Currently, soybean cultivation is distributed in practically all regions of the country. However, this broad diffusion was only possible through breeding programs. However, even if the cultivars exhibit excellent agronomic characteristics after breeding, their performance is constantly affected by the environmental oscillations from the genotype x environment interaction. In order to predict such effects and to direct the genotypes of better performance in each environment, we have used mathematical parameters to identify the superior genotypes in productivity and production stability. The objective of this work was to evaluate the adaptability and phenotypic stability of soybean cultivars following the methodologies proposed by Eberhart and Russell (1996) and Lin and Binns (1988). The experimental design consisted of a randomized complete block design, consisting of three replications, 29 cultivars and three environments (Palotina - PR, Itaipulândia - PR and Campo Mourão - PR), in the 2016/17 season. Each experimental plot was formed by 4 lines, spaced between 0.5 m and 5 m in length. Grain productivity (kg ha^{-1}), obtained by harvesting the two central lines of the plot, was evaluated by eliminating 0.5 m from the end of each row, and the values corrected to 13% moisture. The yield values were submitted to individual analysis of variance, where there was a significant effect for the source of genotype variation in all environments. Then, the joint analysis was carried out. Based on the methodology proposed by Eberhart and Russel (1966), it was verified that 13 cultivars presented adaptability to favorable environments ($\beta_1 > 1$) and 16 to unfavorable environments ($\beta_1 < 1$), with only L.E.03 and NS 5445 showed R^2 less than 80%. All evaluated genotypes showed significant regression deviation, that is, low phenotypic stability ($S^2_d > 0$). The methodology of Lin and Binns (1988) classified the BMX GARRA RSF IPRO genotypes, L.E. 02 and L.E. 04 as high stability and adapted to unfavorable environments, while

the BMX TORNADO RRO IPRO, M 5947 IPRO and DM 61159 RSF IPRO genotypes with low stability and adapted to favorable environments.

Keywords: Eberhart and Russel; Lin and Binns; G x A interaction; *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

Dentro do cenário econômico do país o setor do agronegócio tem despontado nos últimos anos como um de seus pilares mais sólidos. Perante os vários segmentos englobados por este setor a produção agrícola é o principal responsável pelo seu crescimento, com produção total de grãos estimada em 227,95 milhões de toneladas em aproximadamente 61,5 milhões de hectares de área cultivada (CONAB, 2018).

A cultura com maior destaque é a soja. Seu volume produzido representa 48% da produção de grãos do país (110,4 milhões de toneladas), sendo uma das poucas culturas que apresentaram crescimento da área cultivada, ocupando cerca de 56% da área nacional de cultivo. A soja detém uma estimativa de 114,7 bilhões de reais de receita bruta total durante a safra 2017/18, sendo que o complexo soja (grão, óleo e farelo) exportou aproximadamente US\$ 32 bilhões, no qual em dezembro de 2017 foram exportados 2,35 milhões de toneladas, quantidade superior em 300% a média dos últimos cinco anos (CONAB, 2018).

Tendo em vista a relevância desta cultura para a economia brasileira, estudos voltados ao seu melhoramento genético estão cada vez mais frequentes. Tanto as instituições públicas ou privadas de melhoramento têm como principal objetivo a seleção de genótipos consistentes com elevadas produtividades nos mais distintos ambientes, afim de assegurar aos agricultores o posicionamento adequado de seu material, com o intuito de se obter as melhores respostas nas condições de campo.

No entanto, o desempenho dos genótipos quando submetidos a vários ambientes sejam eles contrastantes ou similares, dificilmente coincidirá, em função da interação existente entre o genótipo x ambiente. Caso esta interação fosse inexistente a realização de um único experimento num só local, possibilitaria a escolha do melhor genótipo (DUARTE e VENCOVSKY, 1999).

Para que seja possível a seleção dos melhores genótipos é essencial a utilização de métodos estatísticos que possibilitem extrair esse tipo de informação dos dados. Para tanto, a utilização de análises de adaptabilidade e estabilidade tem sido empregada, com o objetivo de prever o comportamento dos genótipos a partir das alterações promovidas pelo ambiente.

Usualmente existem inúmeras metodologias que permitem esta maneira de análise, a qual sua utilização dependerá dos dados ambientais, precisão requerida, número de ambientes disponíveis e o tipo de informação desejada.

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a resposta de 29 genótipos de soja, quanto a adaptabilidade e estabilidade pelas metodologias proposta por Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988) para a característica produtividade de grãos, conduzidos nos municípios de Palotina, Itaipulândia e Campo Mourão-PR no ano safra 2016/17.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas linhagens e cultivares de soja provenientes do programa de melhoramento da instituição privada Don Mario Sementes, pertencente ao grupo GDM Seeds, no estado do Paraná no ano agrícola 2016/2017. Os ensaios foram conduzidos em três ambientes: Itaipulândia (LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico), Palotina (LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico) e Campo Mourão (LATOSSOLO VERMELHO Distroférico). As informações referentes a localização das áreas, análises químicas e granulométricas estão expostas nas Tabela 1, 2 e 3 respectivamente.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.

Localidade	Coordenadas geográficas		
	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Itaipulândia	24° 28' 22.9" S	54° 03' 29.0" WO	227
Palotina	24° 19' 46.6" S	54° 44' 52.7" WO	340
C. Mourão	24° 04' 1.57" S	52° 19' 12.3" WO	630

Tabela 2. Análise de química dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.

Localidade	Prof. (cm)	pH CaCl ₂	P (mg dm ⁻³)	K Ca Mg Al H+Al SB T V							
				cmol _c dm ⁻³							(%)
Itaipulândia	0-20	5,2	27,3	0,3	3,4	1,2	0,0	2,0	4,9	6,9	71,0
Palotina	0-20	5,0	45,9	0,7	4,0	1,1	0,9	2,1	5,8	7,9	73,4
C. Mourão	0-20	5,0	14,2	0,4	3,5	0,8	1,1	1,9	4,7	6,6	71,2

Prof. < profundidade, P e K – Extrator de MELICH-1, Al, Ca e Mg = KCl 1 mol⁻¹, H+Al = pH SMP (7,5)

Análise de solo determinada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, UNIOESTE.

Tabela 3. Análise granulométrica dos locais de realização dos ensaios de avaliação dos genótipos de soja no Paraná, no ano agrícola 2016/17.

Localidade	Análise granulométrica (g Kg ⁻¹)		
	Argila	Silte	Areia
Itaipulândia	411,00	493,74	95,26
Palotina	495,50	443,08	61,42
C. Mourão	575,50	368,34	56,16

Análise de solo determinada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, UNIOESTE.

O clima dos ambientes avaliados segundo Köppen é caracterizado como subtropical quente úmido (Cfa), com verões quentes (temperatura média superior a 22 °C) e invernos amenos (temperatura média inferior a 18 °C). As precipitações são distribuídas em todos os meses do ano, atingido 1.600 mm de pluviosidade média anual. A estação da seca não ocorre de forma bem definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

Para os ambientes de Campo Mourão e Palotina, os dados referentes a precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínimas e médias diárias (Figura 1 e 2), foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizadas no próprio município, enquanto que em função da inexistência destas instalações em Itaipulândia utilizou-se as informações referentes ao município de Santa Helena – PR (Figura 3).

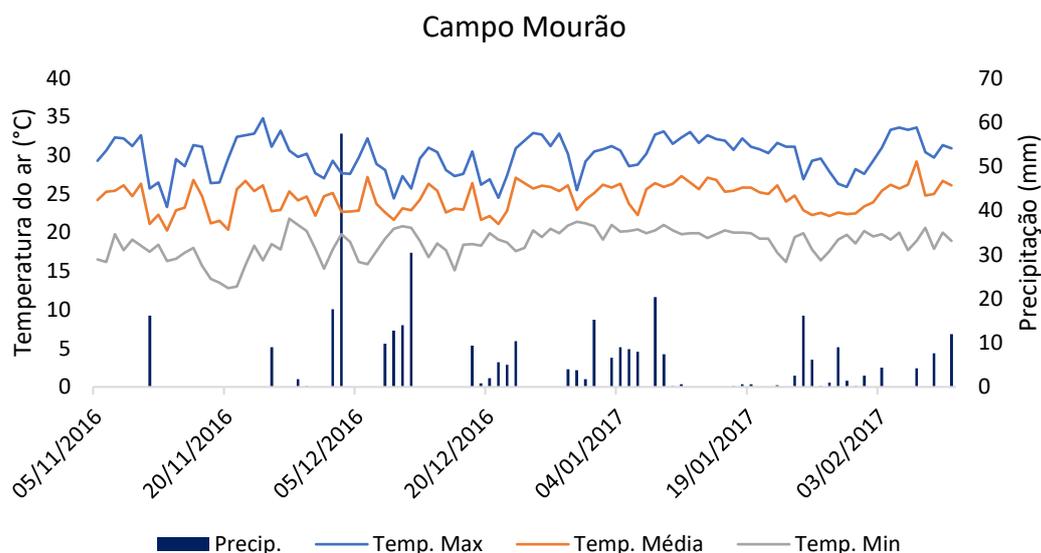


Figura 4. Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Campo Mourão - PR, de 05/11/2016 a 11/02/2017 do ano agrícola 2016/2017.

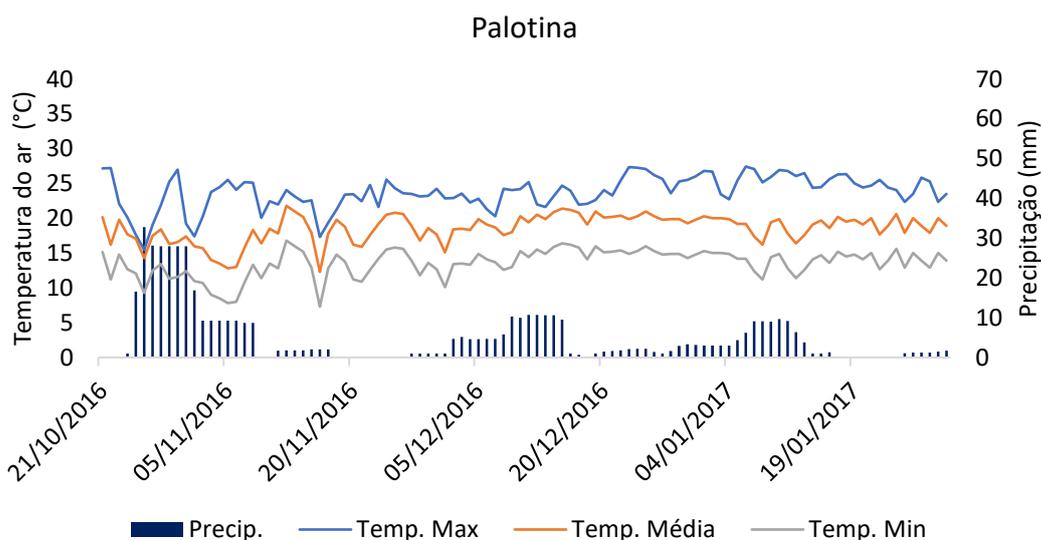


Figura 5. Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Palotina - PR, de 21/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017.

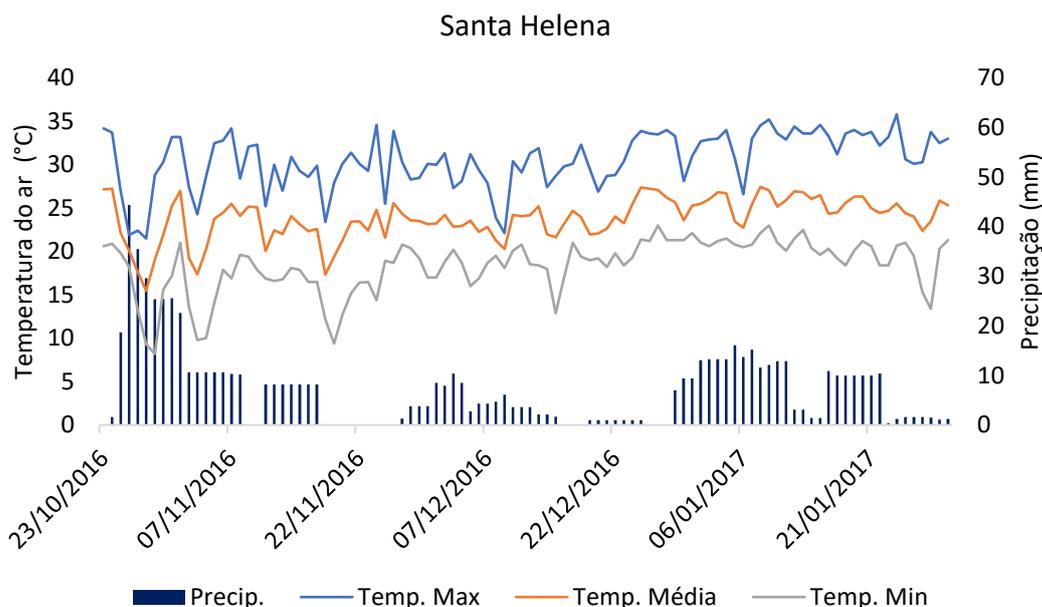


Figura 6. Temperatura máxima e mínima diária, temperatura média e precipitação pluvial diária, em Santa Helena - PR, de 23/10/2016 a 30/01/2017 do ano agrícola 2016/2017.

Nas áreas experimentais o sistema de plantio direto já vem sendo utilizado há pelo menos dez anos, onde a semeadura da aveia no período de entressafra é comumente realizada. Por serem áreas comerciais de agricultores, estas se apresentavam em condições ideais de cultivo, dispensando a necessidade de aplicação de corretivos de solo.

O delineamento experimental adotado consistiu no de blocos casualizados, composto de três repetições, sendo avaliados 7 genótipos de soja da empresa Don Mario (L.E.01, L.E.02, L.E.03, L.E.04, L.E.14, L.E.15 e L.E.16), e 22 cultivares comerciais, totalizando 29 tratamentos e 87 parcelas em cada ambiente. Cada parcela experimental foi composta por 4 linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m entre si. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais eliminando-se 0,5 m de cada extremidade.

A implantação do experimento ocorreu nos dias 21 e 23/10/2016 e 10/11/2016 em Palotina, Itaipulândia e Campo Mourão respectivamente, via sistema de semeadura direta dispoendo 14 sementes por metro linear com intuito de compensar possíveis falhas na germinação. As sementes foram tratadas com o inseticida a base de thiamethoxam (35% m/v) na dosagem de 200 mL de produto comercial (p.c)/100 Kg de sementes e com o fungicida a base de

metalaxil-m (2% m/v), tiabendazol (15% m/v) e fludioxonil (2,5% m/v) na dosagem de 100 mL de p.c/100 Kg de sementes, não sendo realizado inoculação.

A adubação mineral utilizada nos ambientes de Palotina, Itaipulândia e Campo Mourão, consistiu respectivamente: 02-20-18 (5% S + 0,2% B), 02-20-18 (9% Ca + 4% S) e 02-20-18 (7% Ca + 2% S), nas seguintes quantidades: 230, 250 e 290 kg ha⁻¹ respectivamente. As informações referentes aos tratos culturais realizados estão contidas na Tabela 4.

A colheita foi realizada de forma gradativa, a medida que, os genótipos apresentassem 95% das vagens de coloração madura, com haste principal, ramificações e vagens secas (FARIAS et al., 2007).

A variável resposta analisada consistiu na produtividade de grãos, expressa em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹). Sua quantificação ocorreu com o auxílio de uma balança semi-analítica com precisão de duas casas decimais, onde os grãos foram pesados após a colheita, trilhagem e secagem dos genótipos até 13% de umidade.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) com o intuito de se verificar a necessidade de transformação dos mesmos. Posteriormente procedeu-se com a análise de variância individual para cada ambiente com a finalidade de verificação da homogeneidade de variância, permitindo assim a realização da análise conjunta, cuja relação entre o QMR maior e menor foi inferior a sete (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Para realização da análise de adaptabilidade e estabilidade optou-se pela utilização das metodologias clássicas propostas por Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988). O método proposto por Eberhart e Russel é baseado na regressão linear simples, na qual o coeficiente da regressão linear (β_i) representa um indicativo de adaptabilidade dos genótipos, uma vez que, analisa a sua resposta aos diferentes ambientes. Já a estabilidade é avaliada por meio da variância dos desvios de regressão (s^2_{di}).

Tabela 4. Tratos culturais realizados durante o desenvolvimento dos genótipos submetidos a avaliação nos ambientes de Campo Mourão, Palotina e Itaipulândia, no ano agrícola 2016/2017.

1 ^o Amb.	Herbicidas			Inseticidas			Fungicidas		
	2 ^o N° A	3 ^o I A	Dose (L ha ⁻¹)	N° A	I A	Dose (L ha ⁻¹)	N° A	I A	Dose (L ha ⁻¹)
C. Mourão	2	Glifosato potássico (62% m/v)	2,00	1	Tiametoxam (14,1% m/v) + Lamda cialotrina (10,6% m/v)	0,18	1	Protioconazol (17,5% m/v) + Trifloxistrobina (15% m/v)	0,40
	1	2,4 D, Sal dimetilamina (80,6% m/v)	1,50	1	Imidacloprid (25% m/v) + Bifentrina (5% m/v)	0,35	1	Fluxapiraxade (16,7% m/v) + Piraclostrobina (33,3% m/v)	0,30
	2	Cletodim (24% m/v)	1,00	1	Acefato (75% m/m)	1,00	1	Azoxistrobina (20% m/v) + Ciproconazol (8% m/v)	0,30
	1	Paraquate (20% m/v)	2,00	1	Flubendiamida (48% m/v)	0,60			
Itaipulândia	2	Glifosato potássico (62% m/v)	2,00	1	Tiametoxam (14,1% m/v) + Lamda cialotrina (10,6% m/v)	0,18	1	Protioconazol (17,5% m/v) + Trifloxistrobina (15% m/v)	0,40
	1	2,4 D, Sal dimetilamina (80,6% m/v)	1,50	2	Imidacloprid (25% m/v) + Bifentrina (5% m/v)	0,35	1	Epoxiconazol (5% m/v) + Fluxapiraxade (5% m/v) + Piraclostrobina (8,1% m/v)	1,00
	1	Cletodim (24% m/v)	1,00	1	Lambda-cialotrina (5% m/v) + Clorantraniliprole (10% m/v)	0,07			
	1	Paraquate (20% m/v) + Diurom (10% m/v)	2,00						
Palotina	2	Glifosato potássico (62% m/v)	2,00	1	Tiametoxam (14,1% m/v) + Lamda cialotrina (10,6% m/v)	0,18	1	Protioconazol (17,5% m/v) + trifloxistrobina (15% m/v)	0,40
	1	2,4 D, Sal dimetilamina (80,6% m/v)	1,50	1	Imidacloprid (25% m/v) + bifentrina (5% m/v)	0,35	1	Azoxistrobina (30% m/m) + Benzovindiflupir (15% m/m)	0,30
	1	Cletodim (24% m/v)	1,00	1	Acefato (97% m/m)	1,00	1	Azoxistrobina (20% m/v) + Ciproconazol (8% m/v)	0,30
	1	Paraquate (20% m/v)	2,00	1	Lufenuron (5% m/v)	0,15			

1^o Amb. = Ambientes; 2^o N° A = Número de aplicações; 3^o I.A = Ingrediente ativo.

O modelo matemático utilizado pela metodologia está representado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i + I_j + s^2_{di} + \varepsilon_{ij}$$

sendo:

Y_{ij} : média do genótipo “i” no ambiente “j”;

μ_i : média geral do genótipo “i”;

β_i : coeficiente de regressão linear, que representa a resposta geral do genótipo “i”;

I_j : índice ambiental;

s^2_{di} : desvio da regressão;

ε_{ij} : erro experimental atrelado a média.

O parâmetro de adaptabilidade (β_i) foi estimado conforme a seguinte equação:

$$B_i = \sum_{j=1}^n \frac{Y_{ij} I_j}{I_j^2}$$

sendo:

Y_{ij} : média do genótipo “i” no ambiente “j”;

I_j : índice ambiental, estimado de acordo com a equação a seguir:

$$I_j = \frac{Y_j}{p} - \frac{Y}{pn}$$

sendo:

Y_j : média geral dos genótipos no ambiente “j”;

Y : média geral;

n : número de genótipos;

p : número de ambientes.

Já o parâmetro de estabilidade (s^2_{di}) foi estimado conforme a seguinte equação:

$$s^2_{di} = QMD_i \times \frac{QMR}{r}$$

sendo:

QMD_i: quadrado médio dos desvios da regressão do genótipo “i”;

QMR: quadrado médio do resíduo;

r: número de repetições.

Como ferramenta auxiliar adotou-se o coeficiente de determinação (R^2) com a finalidade de comparar os genótipos, sendo calculado através da expressão a seguir:

$$R_i^2 = \frac{SQR_{Linear}}{SQ\left(\frac{A}{G_i}\right)} \times 100$$

sendo:

SQR_{Linear} : soma de quadrados da regressão linear do i-ésimo genótipo:

$SQ(A/G_i)$: soma de quadrados do ambiente contido no i-ésimo genótipo.

Já metodologia proposta por Lin e Binns (1988) é baseada em análises não paramétricas estimada a partir da seguinte equação:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

sendo:

P_i : estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo “i”;

X_{ij} : produtividade do genótipo “i” no local “j”;

M_j : desempenho máximo observado entre todos os genótipos no local “j”;

n: número de locais.

Cabe ressaltar que quanto menores os valores de P_i , maior é a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados. Todas as análises foram realizadas com o auxílio dos aplicativos computacionais SAS University Edition (SAS INSTITUTE INC., 2014), GENES (CRUZ, 2013) e ESTABILIDADE (FERREIRA, 2016).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia proposta por Kolmogorov-Smirnov os dados apresentaram distribuição normal, permitindo a realização da análise conjunta (Tabela 5). Constatou-se efeito significativo para genótipos (G), ambientes (A) e interação genótipo x ambiente (G x E) para a característica produtividade de grãos, premissa básica para realização das análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

Tabela 5. Resumo da análise de variância conjunta para a característica produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco/Ambientes	6	547.507,60	91.251,26	
Genótipos (G)	28	41.793.922,07	1.492.640,07	4,32 **
Ambientes (A)	2	113.670.946,38	56.835.473,19	622,84 **
G X A	56	19.359.535,24	345.705,98	2,21 **
Resíduo	168	26.228.757,46	156.123,55	
Total	260	201.600.668,76		
Média			4510,22	
Coeficiente de Variação (%)			8,76	

** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

Ao se analisar as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, observa-se que os valores médios para a característica produtividade de grãos (B_0) oscilaram entre 3.134 kg ha^{-1} para a linhagem L.E.01 até 5.277 kg ha^{-1} na cultivar BMX GARRA RSF IPRO, sendo que a média geral correspondeu a 4.511 kg ha^{-1} . De acordo com Vencovsky e Barriga (1992) os genótipos que apresentarem produtividade média de grãos superior à produtividade média geral são aqueles que apresentam a melhor adaptação aos ambientes. Desta forma quinze genótipos apresentaram este comportamento, sendo eles: BMX GARRA RSF IPRO, L.E.02, L.E.04, M 5947 IPRO, DM 61159 RSF IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, M 5917 IPRO, L.E.16, BMX TORNADO RSF, DM 6458 RSF IPRO, BS IRGA 1642 IPRO, L.E.14, M 6210 IPRO, NS 5959 e M 6410 IPRO (Tabela 6).

Considerando a metodologia proposta por Eberhart e Russel o genótipo ideal corresponde a aquele que apresentar coeficiente de regressão igual a 1,0 (adaptabilidade ampla), o menor desvio de regressão (alta estabilidade/previsibilidade) e elevada média. Logo analisando o desempenho dos 29 genótipos avaliados, foi constatado que nenhum deles apresentou adaptabilidade geral ($\beta_1=1$) aos ambientes avaliados, ou seja, estes genótipos não conseguiram manter sua média produtiva próxima a média geral (SANTOS, 2014).

Treze genótipos apresentaram adaptabilidade a ambientes favorável ($\beta_1>1$), sendo eles: M 5947 IPRO, DM 61159 RSF IPRO, BMX ICONE RSF IPRO, M 5917 IPRO, L.E.16, BMX TORNADO IPRO, BS IRGA 1642 IPRO, M 6410 IPRO, TMG 7062 IPRO, BMX VANGUARDA RSF, SYN 1059, L.E.15 e DM 5.9i, enquanto os demais genótipos apresentaram adaptabilidade a ambientes desfavorável (Tabela 6).

Segundo Santos (2014) a utilização de genótipos adaptados a ambientes favoráveis deve ser criteriosa, pois quando submetidos a locais com baixo nível tecnológico e sujeitas a altas oscilações edafoclimáticas seu rendimento pode ser comprometido.

A cultivar BMX GARRA RSF IPRO e as linhagens L.E.02 e L.E.04, foram as que apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos, mesmo sendo adaptadas a ambientes desfavoráveis. Isto demonstra que estes genótipos apresentam chances elevadas de aproveitar positivamente a melhoria do ambiente, potencializando sua produtividade de grãos.

Com relação a previsibilidade dos genótipos, todos apresentaram desvio da regressão significativo, retratando baixa estabilidade/previsibilidade. Este comportamento indica que a produtividade média dos genótipos quando submetidos a locais distintos, são altamente influenciadas pelas condições ambientais.

Somente os genótipos L.E.03 e NS 5445 demonstraram R^2 inferior a 80%, mostrando de forma geral um adequado ajuste dos dados à reta de regressão (alta confiabilidade), evidenciando alta previsibilidade de comportamento dos genótipos avaliados em relação aos ambientes.

Tabela 6. Estimativa do padrão de resposta de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, pelo método proposto por Eberhart e Russel (1966), para a característica produtividade de grãos, dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.

Genótipos	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	¹ β_1	² S ² d	³ R ² (%)
BMX GARRA RSF IPRO	5.277	0,86**	112070,14**	89,65
L.E.02	5.113	0,93**	5922,89**	99,48
L.E.04	4.832	0,78**	138,04**	99,98
M 5947 IPRO	4.803	1,43**	274288,71**	90,64
DM 61159 RSF IPRO	4.787	1,47**	6393,66**	99,77
BMX ICONE RSF IPRO	4.787	1,19**	41395,40**	97,81
M 5917 IPRO	4.783	1,16**	795,26**	99,95
L.E.16	4.768	1,07**	1745,10**	99,88
BMX TORNADO RSF	4.759	1,60**	200437,71**	94,34
DM 6458 RSF IPRO	4.686	0,93**	12796,12**	98,88
BS IRGA 1642 IPRO	4.684	1,49**	44076,53**	98,50
L.E.14	4.683	0,81**	12,68*	100,00
M 6210 IPRO	4.615	0,90**	103706,68**	91,00
NS 5959	4.593	0,79**	4483,63**	99,45
M 6410 IPRO	4.579	1,65**	30,21**	100,00
L.E.03	4.483	0,55**	188648,92**	67,72
TMG 7062 IPRO	4.451	1,13**	161742,33**	91,17
BMX VANGUARDA RSF	4.449	1,30**	22221,24**	99,01
DM 54152 RSF IPRO	4.442	0,75**	1365,62**	99,81
DM 5958 RSF IPRO	4.418	0,70**	5697,52**	99,12
NS 6909	4.369	0,84**	105,01**	99,99
SYN 1059	4.368	1,12**	215972,23**	88,43
L.E.15	4.362	1,12**	24931,24**	98,51
NA 5909	4.318	0,75**	40525,84**	94,73
DM 5.9i	4.244	1,17**	444919,01**	80,17
BMX ELITE RSF IPRO	4.200	0,80**	3220,39**	99,62
BMX LANÇA RSF IPRO	4.171	0,74**	358030,32**	66,49
NS 5445	3.660	0,26**	190848,01**	31,71
L.E.01	3.134	0,71**	54850,04**	92,30
Média Geral	4.511			

¹ β_1 : coeficiente de regressão linear; ² S²d: desvio da regressão; ³ R²: coeficiente de determinação; ** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Somente no ambiente de Palotina a produtividade média de grãos superou a média geral (índice ambiental positivo). Desta maneira, este é o único ambiente que pode ser classificado como favorável ao desenvolvimento dos genótipos em estudo (Tabela 7).

Tabela 7. Médias gerais e índices ambientais, de acordo com a metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966) para a característica produtividade de grãos, dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.

Ambiente	Média (kg ha⁻¹)	Índice Ambiental
Palotina	5440,47	929,47
Campo Mourão	3954,78	-556,22
Itaipulândia	4138,41	-372,59
Média Geral		4511

Já os de Campo Mourão e Itaipulândia apresentaram resposta inversa. Nestes ambientes o índice ambiental foi negativo, ou seja, a produtividade de grãos não foi capaz de superar a média geral, sendo estes classificados como desfavoráveis para o desenvolvimento dos genótipos avaliados. Os principais motivos para a ocorrência desta diferença se devem principalmente as variações e distribuições pluviométricas e as diferenças ambientais existentes, que comprometeram a produtividade de grãos.

A resposta dos genótipos quanto a estimativa da adaptabilidade e estabilidade em todos os ambientes e seu desdobramento em favorável e desfavorável pela metodologia proposta por Lin e Binns (1988), são apresentados na Tabela 8.

Segundo Vasconcelos (2006) o componente P_i reflete a diferença entre o comportamento ideal e o real desempenho do material, ou seja, quanto menor este valor melhor é a resposta deste material. Dentre os vinte e nove genótipos analisados por este método, a cultivar BMX GARRA RSF IPRO e os genótipos L.E.02 e L.E.04 se destacaram por apresentar os menores valores de P_i geral, apresentando alta estabilidade.

Cabe ressaltar que os mesmos genótipos apresentaram adaptação específica a ambientes desfavoráveis, uma vez que, obtiveram os menores valores P_i para ambientes desfavoráveis.

Nos ambientes favoráveis as cultivares BMX TORNADO RSF IPRO, M 5947 IPRO e DM 61I59 RSF IPRO se destacaram por apresentar as maiores médias de produção e os menores valores de P_i , sendo classificadas como adaptação específica a ambientes favoráveis com baixa estabilidade.

Tabela 8. Estimativa do padrão de resposta de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, submetidos a ambientes favoráveis e desfavoráveis, pelo método proposto por Lin e Binns (1988), para a característica produtividade de grãos, dos 29 genótipos avaliados em três ambientes, no ano agrícola 2016/17.

Gen.	Média Geral	P _i Geral	Gen.	P _{if}	Gen.	P _{id}
BMX GARRA	5277	10211	BMX TORNA ¹	5056	BMX GARRA	1156
L.E. 02	5112	56400	M 5947 IPRO	5976	L.E. 02	62001
L.E. 04	4832	171431	DM 61I59	10082	L.E. 04	123191
M 5947 IPRO	4803	192723	M 6410 IPRO	15723	L.E. 14	214384
DM 61I59	4787	196176	BS IRGA 1642	19602	L.E. 16	224039
BMX ICONE	4786	220134	BMX GARRA	28322	L.E. 03	233131
M 5917 IPRO	4783	228335	L.E. 02	45200	M 5917 IPRO	244141
L.E. 16	4768	262585	BMX ICONE	69938	DM 6458	267697
BMX TORNA ¹	4758	265827	M 5917 IPRO	89888	NS 5959	279148
DM 6458	4685	309543	L.E. 16	140450	BMX ICONE	295232
BS IRGA 1642	4684	331596	BMX VANG ²	205226	DM 61I59	337462
L.E. 14	4683	337361	DM 6458	262088	DM 5958	357457
M 6210 IPRO	4614	352516	L.E. 04	267912	M 6210 IPRO	365558
NS 5959	4593	355614	M 6210 IPRO	326432	DM 54I52	375742
M 6410 IPRO	4579	421889	TMG 7062	337294	NA 5909	450246
L.E. 03	4483	437181	L.E. 14	358986	M 5947 IPRO	461327
TMG 7062	4451	450237	L.E. 15	373248	NS 6909	468810
BMX VANG ²	4448	454901	SYN 1059	420138	TMG 7062	487125
DM 54I52	4441	468872	NS 5959	453786	BS IRGA 1642	487593
DM 5958	4418	487457	DM 5.9i	524174	BMX TORNA ¹	533422
NS 6909	4368	521071	NS 6909	643734	SYN 1059	571537
SYN 1059	4367	527118	DM 54I52	655130	BMX VANG ²	579738
L.E. 15	4361	551009	DM 5958	747456	BMX ELITE	615227
NA 5909	4317	578375	NA 5909	834632	M 6410 IPRO	624973
DM 5.9i	4233	689278	L.E. 03	884450	L.E. 15	639890
BMX ELITE	4200	710909	BMX ELITE	902272	DM 5.9i	771830
BMX LANÇA	4160	883172	BMX LANÇA	957574	BMX LANÇA	845971
NS 5445	3660	1680243	NS 5445	2740920	NS 5445	1149904
L.E. 01	3133	2539605	L.E. 01	3158422	L.E. 01	2230196

Gen. – genótipo; (P_{if}): P_i em ambientes favoráveis; (P_{id}): P_i em ambientes desfavoráveis; ¹ genótipo BMX Tornado; ² genótipo BMX Vanguarda.

Em relação aos genótipos BMX GARRA RSF IPRO, L.E. 02 e L.E. 04 ambas as metodologias os classificaram como adaptados a ambientes desfavoráveis. Entretanto em relação a estabilidade, o método baseado na regressão linear os classificou como de baixa estabilidade, enquanto o modelo não paramétrico os retratou como de alta estabilidade, ou seja, foram discordantes. Comportamento similar ocorreu em outros estudos como os reportados por Barros et al. (2008), Barros et al. (2010), Polizel et al. (2013) ambos com a cultura da soja.

Tal distinção na classificação pode ser em função da estimativa do parâmetro P_i que está diretamente relacionado com a produtividade, ou seja,

genótipos com baixas produtividades tem maior valor de P_i , não sendo necessariamente tão instáveis (SANTOS, 2014).

Para os genótipos BMX TORNADO RSF IPRO, M 5947 IPRO e DM 61159 RSF IPRO ambas as metodologias foram concordantes, classificando-as como adaptadas a ambientes favoráveis com baixa estabilidade, aumentando a confiabilidade na recomendação destes genótipos nos ambientes avaliados. Os genótipos BMX LANÇA RSF IPRO, NS 5445 e L.E. 01 tiveram as menores médias produtivas em todos os ambientes e foram apontados por ambas as metodologias como de baixa adaptabilidade e estabilidade, logo seu cultivo não é recomendável para os ambientes avaliados.

Cabe ressaltar que as informações extraídas destes genótipos são importantes para seu direcionamento mais preciso nos ambientes avaliados. Em demais locais onde estes genótipos possam vir a ser cultivados, é essencial que o produtor analise de maneira detalhada o seu ambiente de cultivo, se atentando a informações como pluviosidade, fertilidade de solo, dentre outras, afim de optar pelos genótipos com melhor resposta a sua região.

4 CONCLUSÕES

Através da análise de regressão (Eberhart e Russel) 13 genótipos apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis e 16 a ambientes desfavoráveis, sendo que todos apresentaram baixa estabilidade.

O método não paramétrico (Lin e Binns) classificou três genótipos como de alta estabilidade e adaptados a ambientes desfavoráveis e três genótipos como de baixa estabilidade e adaptados a ambientes favoráveis.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; CRUZ, C.D. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 299–309, 2008.

BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max* L.) em Mato Grosso. **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 75–87, 2010.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 4ª levantamento. **Monitoramento Agrícola**, v. 5, n. 4, p. 1-132, 2018.

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p.

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

FERREIRA, D.F. **Software: Programa estabilidade**. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/estabilidade.html>>. Acessado 26 de janeiro de 2018.

LIN, C.S.; BINNS, M.R.A Superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1998.

PIMENTEL-GOMES, F. Análise de grupos de experimentos. In:____. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 139-159.

POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F.C.; HAMAWAKI, O.T.; HAMAWAKI, R.L.; GUIMARÃES, S.L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 910–920, 2013.

SANTOS, A. **Comparação de métodos para descrição de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de feijão-caupi**. 2014. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed rev. Ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SAS INSTITUTE INC. **SAS University Edition: instalation guide**. Cary; SAS Institute, 2014. Disponível em: < https://www.sas.com/pt_br/home.html >. Acessado 20 de janeiro de 2018.

VASCONCELOS, E.S. **Avaliação da qualidade de sementes e estimativas de parâmetros genéticos e do padrão resposta às variações ambientais, em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2006. 142 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

VENCOVSKY. R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

CONCLUSÕES GERAIS

O material DM 61I59 RSF IPRO se destacou por apresentar elevada produtividade, sendo classificado como de ciclo médio a semiprecoce e demonstrou adaptabilidade a ambientes favoráveis.

Os genótipos BMX GARRA RSF IPRO e L.E.02 também se destacaram por apresentar elevada produtividade, com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, sendo classificados como de ciclo semiprecoce a médio e ciclo precoce a semiprecoce, respectivamente.