

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LORENA MOREIRA LARA

Desempenho de cultivares de soja na região norte do estado do Paraná e vigor
determinado com o auxílio da densidade da semente

Maringá-PR
2019

LORENA MOREIRA LARA

Desempenho de cultivares de soja na região norte do estado do Paraná e vigor determinado com o auxílio da densidade da semente

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Lucca Braccini.

Co-orientador: Hugo Zeni Neto.

Maringá-PR
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

L318d Lara, Lorena Moreira
Desempenho de cultivares de soja na região norte do estado do Paraná e vigor determinado com o auxílio da densidade da semente / Lorena Moreira Lara. -- Maringá, 2019.
88 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Lucca Braccini.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Soja - Sementes - Potencial fisiológico. 2. Soja - Sementes - Produtividade. 3. Soja - Sementes - Adaptabilidade e estabilidade. I. Braccini, Alessandro Lucca, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 21.ed.633.34

FOLHA DE APROVAÇÃO

LORENA MOREIRA LARA

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ E POTENCIAL FISIOLÓGICO DETERMINADO COM O AUXÍLIO DA DENSIDADE DA SEMENTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Alessandro Lucca Braccini
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Hugo Zeni Neto
Universidade Estadual de Maringá

Dr. Alexandre Garcia
Tropical Melhoramento Genético

Dr. Fernando Augusto Henning
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Aprovada em:

Local de defesa:

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, aos meus pais, Carlos Alberto e Rosemary Graziella, aos meus tios, a minha irmã, aos meus amigos e aos meus professores.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu força e perseverança para alcançar mais essa conquista e por sempre me abençoar e guiar meus caminhos. Por mesmo longe dos meus familiares nunca me deixar sentir sozinha e estar ao meu lado em todos os momentos, me ajudando a superar cada obstáculo encontrado no caminho.

Aos meus pais Carlos Alberto e Rosemary Graziella que sempre me apoiaram, estiveram ao meu lado em todos os momentos e por acreditarem em mim. Ao meu pai, que é para mim, um grande exemplo de trabalho e honestidade, e sempre posso contar para me ajudar a escolher meu caminho. A minha mãe, que com todas suas preocupações sempre esteve por perto para me apoiar e incentivar e que é um grande exemplo de coragem, força e determinação que sempre vou levar comigo.

A minha irmã, Ana Carla, pelo incentivo, amizade, carinho e paciência que foram essenciais nesse período e por me lembrar sempre que nunca estaremos sozinhas.

Aos meus tios João Paulo, Huedy, Junior, minhas tias Raquel, Adriana, Daniela e minha madrinha Raquel pelo incentivo e carinho sempre, e por acreditarem em mim. Além de serem grandes exemplos para mim.

Ao meu afilhado Gustavo e meus primos Laura, Beatriz, Maria Tereza, Alice e Pedro (*In memoria*), que mesmo muito pequenos me ensinam como ser uma pessoa melhor todos os dias.

Aos meus avós Antônio, Maria de Lourdes e Terezinha (*In memoria*) que não estão conosco neste mundo, mas que foram responsáveis por me tornar uma pessoa sonhadora e que acredita que independentemente de onde estejam sempre irão cuidar de mim.

Ao meu orientador, professor Dr. Alessandro Lucca Braccini, pela orientação, pelo apoio e pelas oportunidades a mim concedidas.

Ao professor Dr. Hugo Zeni Neto, pelo conhecimento compartilhado, sugestões, apoio, amizade e pela paciência no desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores, funcionários e acadêmicos do Programa de Pós-graduação em Agronomia que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus companheiros e amigos do grupo GESSO, em especial ao Michel, Caroline e Evandro; minhas amigas do laboratório de sementes Rayssa e Fernanda; e meus amigos Henrique e Guilherme pela ajuda, parceria, dedicação, amizade e companheirismo. As amigas de república Naira e Nathalia por serem uma base e me

deixarem dividir todos os dias minhas angústias e principalmente minhas risadas. Aos meus amigos e irmão Michel e Bernardo por estarem sempre comigo me incentivando a ser uma pessoa melhor. Vocês foram e são essenciais, e se tornaram uma família para mim.

Aos colegas de trabalho do laboratório de sementes e aos funcionários do PGA, em especial, Érika Sato e Reinaldo, pela colaboração.

As empresas e pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho COCAMAR, CVALE, Pedro Henrique e em especial a Tropical Melhoramento Genético pela disponibilidade de área, sementes e recursos.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV), pelos cinco anos de graduação e Universidade Estadual de Maringá (UEM), pelos dois anos de pós-graduação realizados nesta instituição.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da UEM, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

BIOGRAFIA

LORENA MOREIRA LARA, filha de Carlos Alberto de Moraes Lara e Rosemary Graziella Moreira Lara, nascida em 09 de agosto de 1993.

Concluindo o Ensino Médio em dezembro de 2010, na Escola Estadual Fernando Otávio, em Pará de Minas – MG.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Campus Sede, em janeiro de 2017.

Em março de 2017, matriculou-se no curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá.

RESUMO GERAL

LARA, Lorena Moreira. Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Fevereiro de 2019. **Desempenho de cultivares de soja na região norte do estado do paraná e potencial fisiológico determinado com o auxílio da densidade da semente.**

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Lucca Braccini.

A soja é cultivada e utilizada amplamente no mundo, com produção altamente tecnificada, e que depende de inúmeros recursos para atender as necessidades do produtor. A escolha da cultivar a ser utilizada depende basicamente da produtividade que ela atinge nas condições edafoclimáticas em que se encontra alocada e o planejamento de produção da área. Mas as características específicas como a capacidade de produção de sementes com qualidade fisiológica elevada também são importantes e merecem atenção na escolha da cultivar, já que o sucesso da implementação de uma lavoura depende do estande atingido. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi recomendar cultivares com maior potencial produtivo, estáveis e adaptadas, entre 12 cultivares avaliadas, e, também, selecionar aquelas que produzem sementes de qualidade, quando a densidade da semente também é utilizada como teste de vigor. O experimento foi delineado em blocos completos ao acaso, composto por quatro municípios do estado do Paraná: Maringá, Floresta, Cambé e Apucarana e quatro repetições em cada ambiente, na safra agrícola de 2017/2018. Foram utilizadas doze cultivares de soja, totalizando 48 tratamentos, ou seja, um total de 192 unidades experimentais. As variáveis avaliadas no capítulo um foram: massa de mil grãos, peso hectolítrico, número de vagens por planta, número de grãos por planta, produtividade, e no segundo capítulo foram: primeira contagem da germinação, germinação, envelhecimento acelerado, teor de proteína, teor de óleo e quatro metodologias distintas para mensurar a densidade da semente. A performance das cultivares foi avaliada pelas metodologias propostas por Lin e Binns (1988) e método de regressão bissegmentada, segundo Cruz et al. (1989). O uso da densidade da semente foi avaliado, mediante padronização da metodologia para identificação de genótipos de qualidade diferenciada, por meio do uso de análise de trilha, sendo a densidade a variável base. Os resultados sugerem que a seleção fica mais confiável quando utilizadas as duas metodologias, uma vez que houve relação entre os parâmetros. Além disso, para a densidade da semente pode ser empregada a mensuração, por meio de software de imagens, e essa variável mantém o padrão observado em testes de qualidade da semente,

o que torna possível seu uso em testes rotineiros de laboratório. A cultivar TMG 7063 IPRO, apresentou comportamento auspicioso tanto para qualidade da semente quanto para sua produtividade nas condições de avaliação.

Palavras-chave: Potencial fisiológico, produtividade, adaptabilidade e estabilidade.

ABSTRACT

LARA, Lorena Moreira. Master's degree, State University of Maringá. February 2019.
Performance of soybean cultivars in the northern region of Paraná state and physiological potential determined with the aid of seed density.

Advisor: Alessandro Lucca Braccini.

Soybeans are grown and used worldwide with highly-skilled production, and significant resources are invested to meet the needs of the producer. The choice of the cultivar to be used depends basically on its yield in the edapho-climatic conditions in which it is allocated and the production planning of the area. However, specific characteristics such as the production capacity of seeds with physiological and biochemical quality are also important and deserve attention during the choice of a cultivar, since the success of the implementation of a crop depends on the population reached. In this sense, the objective of this research was to recommend cultivars with greater productive potential, stable and adapted, among 12 cultivars evaluated, and also to select those that produce quality seeds when the seed density is also used as a vigor test. The experiment was designed in complete randomized blocks, composed of four municipalities in the state of Paraná: Maringá, Floresta, Cambé and Apucarana with four replications in each environment, in the harvest season of 2017/2018. Twelve soybean cultivars were used, that is, a total of 48 treatments and 192 experimental units. The variables evaluated were: one thousand grains mass, hectoliter weight, number of pods per plant, number of grains per plant, yield, first germination count, germination, accelerated aging, protein content, oil content and four different methodologies for measuring seed density. The performance of the cultivars was evaluated by the methodologies proposed by Lin and Binns (1988) and bissegmented regression method, according to Cruz et al. (1989), and tested the use of seed density, through standardization of the methodology, to identify genotypes of outstanding quality through the use of track analysis, with density being the basis variable. The results suggest that the selection becomes more reliable when the two methodologies are used, once there is a relation between the parameters. In addition, for seed density measurement, image software can be used and this variable maintains the standard observed in seed quality tests, which makes it possible to use it in routine laboratory tests. The cultivar TMG 7063 IPRO showed an auspicious behavior both for seed quality and for yield.

Keywords: Physiological potential, yield, adaptability and stability.

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. A cultura da soja.....	3
2. Qualidade de semente de soja	4
3. Densidade da semente	5
4. Interação genótipos x ambientes	6
5. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos	7
6. Correlação Simples	10
7. Análise de trilha	11
8. Índice de seleção clássico.....	12
REFERÊNCIAS	13
Capítulo I	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÃO	42
5. REFERÊNCIAS	43
Capítulo II	48
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1. INTRODUÇÃO	50
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
i) Metodologia de determinação do volume da semente	57
ii) Análise de variância	60
iii) Análise de trilha	66
iv) Índice de seleção clássico.....	67
4. CONCLUSÃO	68
5. REFERÊNCIAS	69
CONCLUSÕES GERAIS	75

INTRODUÇÃO GERAL

O complexo soja contribui fortemente para a movimentação comercial brasileira tanto em âmbito nacional, quanto internacional (Brasil, 2014). Além da relevância econômica, a cultura da soja também tem grande importância alimentar no Brasil, principalmente na produção de óleo vegetal e farelo destinado a alimentação animal (Brasil, 2014). Dessa maneira, altas produtividades são almejadas progressivamente e, para isso, o desenvolvimento de cultivares adaptadas e o uso de sementes de qualidade são essenciais (França Neto et al., 2007).

A soja se espalhou por praticamente todas as regiões do Brasil e associada a grande extensão territorial do país e a ocorrência de interação do genótipo e os ambientes (Sedyama et al., 2015), torna fundamental o zoneamento realizado para o cultivo da soja. Esse zoneamento está associado ao grupo de maturação que é função da duração das fases e do ciclo de desenvolvimento (Zanon et al., 2015). Cada região necessita de cultivares com características específicas, sendo assim, estudos preliminares das regiões ao qual a cultivar pretende ser lançada devem ser realizados. Esses estudos são baseados principalmente em análises de adaptabilidade e estabilidade, que proporcionam a seleção de genótipos mais responsivos ao ambiente e com desempenho fenotípico promissor (Ramalho et al., 1993).

Para a expressão genotípica e fenotípica da cultivar de maneira satisfatória quando em condições de lavoura, o uso de sementes de qualidade são indispensáveis, devido a necessidade de estabelecimento de estante desejado e desenvolvimento inicial das plântulas em campo. Além de altas produtividades a cultivar também deve apresentar capacidade de produzir sementes de elevada qualidade fisiológica. Por meio do teste de densidade da semente, que é um teste de vigor (Marcos Filho, 2015) e, também, é um componente de produção (Silva, 2008), é possível selecionar cultivares que venham de encontro com as necessidades e objetivos dos produtores e das indústrias.

O sucesso da produção é influenciado diretamente pelo uso de sementes de qualidade, que condicionam inicialmente que a cultivar expresse seu potencial genético máximo. Dessa maneira, a hipótese desse trabalho foi baseada no desempenho produtivo de cultivares mais adaptadas e estáveis para a região Norte do estado do Paraná, associadas a produção de sementes de elevada qualidade, mediante o uso da densidade de sementes. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi recomendar cultivares com maior potencial produtivo, estáveis e adaptadas, entre 12 genótipos avaliados, associados a

produção de sementes de qualidade, quando a densidade da semente é utilizada como teste de vigor.

REVISÃO DE LITERATURA

1. A cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L). Merr.] é originária no continente asiático, mais precisamente no nordeste da China. Seus ancestrais apresentavam características distintas da atual planta conhecida e amplamente cultivada pelo mundo. Por séculos ficou restrita ao oriente e começou a ser introduzida no ocidente pela Europa no século XV e não tinha a alimentação como finalidade e, sim, ornamentação. Foram necessários mais de quinhentos anos para que a civilização ocidental reconhecesse o valor proteico da soja e seu potencial para produção de óleo vegetal (Nunes, 2016). O óleo extraído de seu grão é destinado à alimentação humana e produção de biodiesel, e o farelo utilizado na alimentação humana, animal e fabricação de outros produtos. Além disso, apresenta elevada qualidade como fonte de proteínas e com baixo custo relativo de produção, o que a torna a principal fonte de farelo proteico no mundo (Sediyama et al., 2015).

Devido aos fatores climáticos e ao desconhecimento da cultura e suas exigências, as primeiras tentativas de produção de soja na Europa fracassaram (Nunes, 2016), mas em meados de 1880 experimentos com soja já eram realizados na maioria das estações experimentais de agricultura daquele continente (Sediyama et al., 2015).

No Brasil, as cultivares introduzidas oriundas inicialmente dos Estados Unidos apresentavam período juvenil curto e não tiveram boa adaptação no país como um todo. O estado do Rio Grande do Sul foi aquele em que a soja encontrou clima mais favorável ao seu desenvolvimento, provavelmente pela maior semelhança dos locais em que as cultivares foram originárias. Com auxílio do melhoramento genético e os grandes investimentos em pesquisa, a questão da juvenilidade curta foi sanada e a sojicultura pode avançar no território brasileiro (Sediyama et al., 2015).

A soja utilizada atualmente no Brasil pode ser classificada de três maneiras distintas, quanto ao seu tipo de crescimento: determinado, semideterminado e indeterminado. As cultivares classificadas como determinadas são aquelas que completam seu ciclo vegetativo antes da floração e a haste principal termina com uma inflorescência racemosa. Nas que apresentam tipo de crescimento semideterminado, a diferenciação no número de nós da haste principal continua, mesmo após o florescimento, e a haste principal também é finalizada com o ráculo. Cultivares indeterminadas continuam aumentando sua altura após o florescimento ser iniciado e permanecem por um período relativamente longo e não há presença de inflorescência racemosa terminal

(Thomas, 2018; Sedyama et al., 2015; Farias et al., 2007). Plantas com tipo de crescimento indeterminado maturam de baixo para cima e nos demais tipos de crescimento a maturação acontece de cima para baixo (Nogueira et al., 2009).

A soja também é classificada quanto ao grupo de maturação. Essa classificação ajusta a cultivar, de acordo com as faixas de latitude, em função do fotoperíodo, determinando a quantidade de horas de luz que a planta é exposta. Para a planta de soja, quanto menor a quantidade de luminosidade diária, mais rápido ela florescerá, o que reduz o porte da planta e seu ciclo. No Brasil, a classificação varia de zero a dez e, quanto maior o valor, mais próximo do equador será sua região de adaptação, ou seja, no verão, época em que a soja comumente é produzida, os dias são mais curtos (Penariol, 2000).

O Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo. Na atual safra, a área de produção de soja teve um aumento de 3,6%, na safra 2016/2017 e a área foi de 33.909,4 mil hectares e, na safra 2017/2018, atual, esse valor foi de 35.139,6 mil hectares. O acréscimo na área semeada com soja proporcionou um aumento de 3,5% na produção, com cerca de 118.048,1 mil toneladas. No estado do Paraná, a produção conquistada não conseguiu superar a da safra de 2016/2017, mesmo com o aumento de 4,1% na área cultivada. A produtividade média foi a segunda maior no histórico do estado com 3.580 kg ha⁻¹ e os resultados poderiam ser melhores, se não fosse o excesso de chuvas, falta de luz e baixas temperaturas no desenvolvimento vegetativo das plantas (CONAB 2018). Mesmo com esses valores, a média geral do estado foi maior que a média geral do Estados Unidos, com 3.229 kg ha⁻¹. Para a safra 2018/19 há uma perspectiva de queda na produção de 4,9% e a produtividade do estado do Paraná com redução de 15,2% (CONAB 2019).

Esses valores de produção só podem ser atingidos com o uso matéria prima de alta qualidade, que no caso da cultura da soja são as sementes.

2. Qualidade de semente de soja

A soja é uma planta da família Fabaceae, com produção altamente tecnificada, que desempenha um importante papel no agronegócio, sendo considerada a *commoditie* de maior importância no Brasil. A obtenção de altas produtividades está associada ao uso de sementes de qualidade diferenciada; deste modo, a escolha da semente é essencial para o estabelecimento do estande adequado e desenvolvimento inicial das plântulas em campo. Neste sentido, o conhecimento dos aspectos fisiológicos, químicos e sanitários são de

grande importância para o sucesso dessa cultura, associado aos fatores bióticos e abióticos presentes nos ambientes de produção (Marcos-Filho, 2015).

O teste de germinação é amplamente utilizado na avaliação dos aspectos fisiológicos da semente, contudo, devido a sua condução em ambiente controlado de água e temperatura, nem sempre os resultados observados em laboratório condizem com o desempenho observado em campo (Schuab et al., 2006). Isso torna necessária a associação deste teste com as análises que caracterizam o vigor da semente.

O termo vigor da semente abrange características que determinam o potencial para emergência rápida e uniforme, além do desenvolvimento de plântulas normais sob ampla variação das condições de campo, o que permite diferenciar a germinação do potencial fisiológico (McDonald Junior, 1980). A complexidade da determinação do vigor inviabiliza o desenvolvimento de apenas um teste. Sendo assim, a reunião de informações de vários testes torna mais eficiente a estimativa do comportamento das sementes, pois, na classificação de lotes quanto ao vigor pode haver diversas variações, incluindo a influência do genótipo (Marcos-Filho, 2015).

Para a classificação de genótipos quanto ao vigor existe uma gama de testes disponíveis, podendo eles ser classificados como testes físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência a estresse. Alguns deles são enumerados a seguir:

- A primeira contagem de germinação é um teste fisiológico que fornece um indicativo do vigor das sementes, baseado no desempenho das plântulas,

- O envelhecimento acelerado é um teste de resistência a estresses e avalia o desempenho da semente, quando exposta a condições restritivas de umidade relativa do ar e temperatura,

- A densidade da semente é um teste físico pouco estudado, que avalia as características físicas da semente, por meio do seu peso relativo (Marcos-Filho, 2015). Atualmente a análise de densidade da semente é feita indiretamente utilizando mesa gravitacional associada ao uso de classificadores de peneira em Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS).

3. Densidade da semente

A densidade da semente tem sua formação mediante vários fatores, que podem ser a presença de espaços vazios no interior da semente, sua composição química, seu grau de maturidade e sua umidade (Amaral et al., 2012). Muitos trabalhos associam a massa da semente a um indicativo de sua qualidade fisiológica, ou seja, em um mesmo lote,

sementes com menor densidade normalmente apresentam desempenho inferior ao das sementes mais densas (Bezerra et al., 2004).

Além da associação com a qualidade da semente, a densidade também é um componente do rendimento de grãos, que trata da razão entre o peso por unidade de área (produtividade) e o volume (Silva, 2008). Fehr e Weber (1968) obtiveram estimativas de herdabilidade para densidade de sementes de 0,83 a 0,88 em duas populações de soja; isso implica que cerca de 80% do fenótipo observado pode ser herdado pelas próximas gerações, tornando essa variável uma ferramenta promissora em programas de melhoramento genético, na seleção de genótipos com características desejáveis.

Amaral et al. (2012) avaliaram o vigor e a germinação em sementes de canola dos híbridos Hyola 61 e 401. Os autores utilizaram diferentes classes de densidade e, também, a curva de hidratação de sementes como um elemento auxiliar na identificação de lotes de maior qualidade. Por meio desse trabalho, os autores puderam concluir que a velocidade de formação e a massa da matéria seca das plântulas de canola foram afetadas pela densidade da semente, mas com efeito diferente em cada um dos híbridos avaliados.

Hartwig e Collins (1962) foram os pioneiros no desenvolvimento de trabalhos de densidade da semente, relacionados ao teor de óleo e proteína, e observaram que plantas com densidade da semente alta apresentavam maior frequência de progênies com teor de proteína alto; em contrapartida, sementes com baixa densidade apresentavam progênies com maior teor de óleo. O incremento significativo no teor de proteína está entre os principais objetivos de investimento nos programas de melhoramento de soja no mundo (Mahmoud et al., 2006), sendo assim, muitas pesquisas foram desenvolvidas com o intuito de potencializar o uso do caráter densidade da semente no melhoramento indireto para teores de óleo e proteína em soja como o realizado por Silva (2008).

4. Interação genótipos x ambientes

A interação de genótipos por ambientes proporciona o desempenho diferenciado de um determinado cultivar mediante as condições ambientais, na qual o mesmo está sujeito. O ambiente é a associação das práticas culturais, ocorrência de patógenos, condições edafoclimáticas e outras variáveis que podem afetar o desenvolvimento das plantas associadas coletivamente. E o genótipo é a composição genética do indivíduo (Cruz et al., 2014; Borém e Miranda 2013).

A intensidade da relação dos efeitos genéticos com os efeitos não genéticos (ambientais) estão associadas ao desempenho do genótipo, impactando negativamente a

herdabilidade (h^2). Esse parâmetro é um coeficiente que expressa a relação do fenótipo e genótipo, demonstrando o quanto da resposta do genótipo é devido a sua constituição genética (Borem e Miranda, 2013).

Em muitas situações, o único meio de manusear os acréscimos de produtividade e as melhorias de características de qualidade são com auxílio de programas de melhoramento genético. Os profissionais da área trabalham com duas categorias de caracteres: os qualitativos e os quantitativos. Os caracteres qualitativos apresentam, em sua maioria, herança monogênica, condicionados por um ou poucos genes e são pouco influenciados pelos fatores ambientais (Silveira et al., 2008). Já os caracteres quantitativos são controlados por vários genes e muito influenciados pelo ambiente, em geral (Cruz, 2005).

Para avaliar a magnitude da interação, geralmente o método utilizado é a análise de variância (ANOVA), determinada pelo teste F. Mas, para possibilitar o manuseio das interações, metodologias mais aprofundadas devem ser utilizadas, a fim de permitir a identificação e recomendação de cultivares. Essas metodologias utilizam parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, que juntamente com análises ambientais, permitem o zoneamento experimental e de recomendação de cultivares (Cruz et al., 2014).

5. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos

O comportamento da cultivar mediante o ambiente depende da sua constituição genética. As análises de adaptabilidade e estabilidade possibilitam a identificação de cultivares que tenham comportamento previsível, ou seja, sejam estáveis e que respondam as condições ambientais, sejam elas específicas ou amplas (Cruz et al., 2012). Essas análises complementam os resultados obtidos no estudo da interação, detalhando o comportamento de cada genótipo mediante as variações ambientais.

A importância da estabilidade da alta produtividade já está consolidada entre os melhoristas, já que um cultivar pouco produtivo não é aceitável. Quanto a definição apropriada para estabilidade e a metodologia para quantificá-la ainda existem muitas ideias divergentes, o que justifica o grande número de revisões sobre o assunto (Borem e Miranda, 2013).

Becker (1981) definiu três conceitos. O primeiro é a estabilidade no sentido biológico, onde mesmo com a variação do ambiente o desempenho da cultivar permanece constante. Nessas condições, o genótipo normalmente está associado a uma menor produtividade e sem resposta a melhoria do ambiente. O segundo é a estabilidade no

sentido agrônômico, em que o desempenho médio obtido nos ambientes é semelhante ao genótipo, o que possibilita a identificação de cultivares estáveis e com potencial de superioridade em todos os ambientes. E o terceiro conceito é a análise, promovida por meio de metodologias de regressão.

Lin et al. (1986) também estabeleceram três conceitos seguindo essa linha para estabilidade, sendo uma cultivar definida como estável quando: a sua resposta ao ambiente for paralela ao desempenho médio dos genótipos avaliados, a variância entre os ambientes for pequena, ou se o quadrado médio dos desvios da regressão forem pequenos.

Quanto a adaptabilidade, Smith (1990) definiu que plantas responsivas positivamente a ambientes de estresse possuem maior capacidade adaptativa. Segundo esse autor, a adaptabilidade é determinada pela plasticidade das características do genótipo, que expressa seu potencial mediante as variações ambientais. Definição de adaptabilidade mais recente foi descrita por Cruz et al. (2012), onde a adaptabilidade de um genótipo trata da capacidade de aproveitar de maneira vantajosa as condições ambientais em que é sujeitado, também descrito por Costa et al. (1999). Já a estabilidade é referente a capacidade de ter o comportamento previsto, mesmo com variações ambientais (Cruz et al., 2012).

Diversos métodos foram propostos para estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, e todos eles foram fundamentados na interação genótipo x ambiente, e se diferem basicamente nos parâmetros utilizados, na definição de adaptabilidade e estabilidade ou na análise estatística (Franceschi et al., 2010). Esses métodos podem ser embasados metodologias não paramétricas e paramétricas (Cruz et al., 2014), como as metodologias propostas por Lin e Bins (1988) e Cruz et al. (1989), respectivamente e que são descritas a seguir.

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988) é um exemplo de análise não paramétrica, onde o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente definem as medidas que estimam a estabilidade e a adaptabilidade (Cruz et al., 2014). Superioridade dada por:

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

em que:

P_i : estimativa da adaptabilidade e estabilidade da i -ésima cultivar;

X_{ij} : produtividade da i -ésima cultivar no j -ésimo local;

M_j : máxima resposta observada entre as cultivares no local j ; e

n: número de locais.

O parâmetro P_i , que estima a adaptabilidade e estabilidade pela metodologia de Lin e Binns (1988), é uma medida relativa de uma cultivar hipotética de adaptabilidade geral, sendo o coeficiente de regressão igual ou próximo à unidade. Trata-se de um método que tem propriedades de variância, uma vez que não atua na distância simples, então pondera de maneira eficiente os desvios de comportamento das cultivares nos ambientes (Cruz et al., 2014).

Nessa metodologia, a medida de adaptabilidade está associada ao rendimento *per se* do genótipo e a resposta relativa a um genótipo com coeficiente de regressão. Já a estabilidade fenotípica está associada com a flutuação do genótipo. Propriedades como essas tornam o P_i uma estatística eficaz na estimação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (Cruz et al., 2014).

Silva e Barreto (1985) propuseram um método alternativo, em que a estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade seria feita por meio do ajuste de uma única equação, representada por uma reta bissegmentada. Uma extensão dessa metodologia foi proposta por Cruz et al. (1989), que tornou o método operacionalmente mais simples e estatisticamente mais adequado aos propósitos do melhoramento (Cruz et al., 2012).

Nessa metodologia proposta por Cruz et al. (1989), os parâmetros estatísticos de adaptabilidade são: a média ($\hat{\beta}_{0i}$) e a resposta linear a ambientes restritivos ($\hat{\beta}_{1i}$) e favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$). E a estabilidade é observada por meio do desvio da regressão de cada genótipo, em função das variações ambientais ($\hat{\sigma}_{\delta i}^2$) (Garbuglio et al., 2007; Cruz et al., 2012). O modelo estatístico utilizado é:

$$Y_{ij} = \hat{\beta}_{0i} + \hat{\beta}_{1i}I_j + \hat{\beta}_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ,

$\hat{\beta}_{0i}$: média geral do genótipo i ,

$\hat{\beta}_{1i}$: coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do genótipo à variação do ambiente,

$\hat{\beta}_{2i}$: coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do genótipo à variação do ambiente,

I_j : índice de ambiente codificado;

$T(I_j)$: 0 se $I_j < 0$; e

$T(I_j) = I_j - \bar{I}_+$ se $I_j > 0$, sendo \bar{I}_+ a média dos índices I_j positivos,

δ_{ij} : desvios de regressão,

$\bar{\epsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

O genótipo ideal pode ser identificado pelos altos valores de $\hat{\beta}_0$, alta responsividade em ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} > 1$), e baixa resposta em ambientes restritivos ($\hat{\beta}_1 < 1$), ou seja, ser bem adaptado e ter comportamento previsível, quando condicionada a adversidade (variância dos desvios da regressão não significativa) (Backes et al., 2005).

6. Correlação Simples

A mensuração da existência e intensidade da relação das variáveis faz-se necessária em várias áreas de estudo. Na análise de correlação, o valor expresso representa a variação conjunta entre duas variáveis (Charnet et al., 2008). Segundo Cruz et al. (2012), a correlação expressa a relação de dependência entre duas variáveis e pode ser estimada por meio do estimador do coeficiente de correlação (r). Esse estimador do vínculo entre as variáveis aleatórias X e Y é adimensional, e mede a força e a direção com que a relação ocorre. O coeficiente de correlação é dado pela expressão:

$$r = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{V(X)V(Y)}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i^2}}$$

A correlação simples reflete apenas a relação linear entre as variáveis, ou seja, se o coeficiente de correlação for igual a zero, não implica na falta de relação entre as variáveis, essa relação só não é linear. Para averiguar a hipótese de que o coeficiente de correlação não difere de zero, o teste t pode ser utilizado (Cruz et al., 2012).

O coeficiente de correlação varia de -1 a 1, e quanto mais próximo dos extremos, mais forte é o grau de correlação entre as variáveis, ao passo que quanto mais próximo de 0, mais fraco é esse grau. O sinal negativo ou positivo indica o sentido do relacionamento das variáveis (Figueiredo Filho e Silva Junior, 2009).

A correlação de Pearson é uma medida paramétrica que avalia a relação linear entre duas variáveis quantitativas, quantificando sua força e sentido. A relação é considerada linear, quando a mudança em uma variável é associada a uma mudança proporcional na outra variável. Já a correlação de Spearman trata de uma análise não paramétrica que avalia a relação monotônica entre duas variáveis, que podem ser contínuas ou discretas, incluindo as qualitativas. Nas relações monotônicas, as mudanças das variáveis tendem a ocorrer em conjunto, mas não necessariamente em taxas constantes. O cálculo do coeficiente de correlação de Spearman é baseado nos valores

classificados de cada variável e não nos valores brutos obtidos (Suporte ao Minitab®18, 2017).

Em análises fisiológicas de sementes de cebola coeficientes de correlação, em valores absolutos, de 0,1 a 0,39 podem ser considerados fracos, de 0,4 a 0,69, moderados e acima de 0,7, fortes; segundo Gonçalves et al. (2017) com base no exposto por Figueiredo Filho e Silva Junior (2009). E considerado muito fortes aqueles resultados acima de 0,9, conforme adotado em Santorum (2011).

7. Análise de trilha

Os coeficientes de correlação simples não permitem conclusões sobre as relações de causa e efeito entre eles, sendo assim, os efeitos diretos e indiretos de uma variável básica não são compreendidos (Souza, 2013). Com o intuito de obter respostas para essas interações, por meio de estudos sobre os desdobramentos dos coeficientes de correlação, Wright (1921) desenvolveu o método da análise de trilha, que foi pormenorizada por Li (1975).

A análise de trilha permite mensurar os efeitos diretos e indiretos, por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Apesar de ser uma característica intrínseca a duas variáveis, em determinada condição de experimentação, sua decomposição depende do conjunto de caracteres estudados (Cruz et al., 2012).

Essa decomposição permite avaliar se a relação entre as duas variáveis é de causa e efeito, ou determinada pela influência de outras variáveis, mesmo envolvendo princípios de regressão (Cruz et al., 2014). Desta maneira, o uso da análise de trilha tem como uma de suas principais utilidades possibilitar o estabelecimento de estratégias mais eficientes na seleção, uma vez que permite o conhecimento dos efeitos diretos e indiretos que variáveis explicativas exercem sobre uma variável principal (Souza, 2013) e pode ser realizada a partir de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais (Cruz et al., 2014).

O critério para interpretação da análise trilha, proposto por Singh & Chaudhary (1979), diz que quando o coeficiente de trilha (efeitos diretos) de uma variável explicativa for menor que o efeito da variável residual, em módulo, e o coeficiente de correlação (efeito total) for maior que o efeito da variável residual, existe influência dessa variável explicativa na variável principal apenas indiretamente; dessa maneira, sua importância tem magnitude somente quando analisada em conjunto com as demais. Mas, se o

coeficiente de trilha for maior que o coeficiente da variável residual, em módulo, implica que há efeito direto da variável explicativa na principal (Souza, 2013).

8. Índice de seleção clássico

O índice de seleção clássico foi proposto por Smith (1936) e Hazel (1943) e promove a formação de uma variável adicional, estabelecida com base nas demais características de interesse. A combinação linear dos valores fenotípicos dessas variáveis permite efetuar, com eficiência, a seleção de caracteres múltiplos de maneira simultânea (Cruz et al., 2014). Esse índice de seleção é ponderado por um coeficiente estimado, chamado peso econômico, que tem o intuito de ponderar os valores genéticos.

Conforme sugerido por Cruz (1990), o coeficiente de variação genético é um bom referencial para o peso econômico, uma vez que é um parâmetro adimensional e, além disso, tem relação proporcional direta com a variância genética.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. D., MEDEIROS, S. L. P., DE MENEZES, N. L., DA LUZ, G. L., PIVOTO, D., & BIALOZOR, A. Qualidade de semente de canola classificada por densidade. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 2, 2012.
- BACKES, L. R., ELIAS, T. H., HEMP, S., & NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 27, n. 2, 2005.
- BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, v. 30, n. 3, p. 835-840, 1981.
- BEZERRA, A. M. E., MOMENTÉ, V. G., & MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- BORÉM, A. & MIRANDA, G. V. *Melhoramento de Plantas*. 6ª edição. Viçosa, MG: Ed.UFV, 2013. 523 p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Balança comercial brasileira*. Brasília: MDICE, 2014. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2014.
- CHARNET, R., FREIRE, C. D. L., CHARNET, E. M. R. & BONVINO, H. *Análise de modelos de regressão linear com aplicações*. Campinas: Unicamp, 2008. 356 p
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Boletim de acompanhamento da safra brasileira de grãos*. v. 5, n. 7 (safra 2017/18- nono levantamento, junho 2018).
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Boletim de acompanhamento da safra brasileira de grãos*. v. 6, n. 6 (safra 2017/18- sexto levantamento, março 2019).
- COSTA, J. G., MARINHO, J. D. S., PEREIRA, R., LEDO, F. D. S., & MORAES, R. D. S. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares de milho recomendadas para o estado do Acre. *Embrapa Acre-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 1999.
- CRUZ, C.D. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. 1990. 188p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1990.

- CRUZ, C. D. *Princípios de genética quantitativa*. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.
- CRUZ, C. D., CARNEIRO, P. C. S. & REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, 2014, v. 2, 668 p.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. & CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, 2012, v. 1, 514 p.
- CRUZ, C. D., Torres, R. A. e Vencovsky, V. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, v. 12, n. 3, p. 567-580, 1989.
- FARIAS, J.R.B., NEPOMUCENO, A. L., & NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja, *Circular técnica*, n.48, p.9, 2007.
- FEHR, W. R., & WEBER, C. R. Mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations. *Crop Science*, P 551–554, 1968.
- FIGUEIREDO FILHO, D.B. & SILVA JUNIOR, J.A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, v.18, n.1, p.115-146, 2009.
- FRANÇA NETO, J. B., KRZYZANOWSKI, F. C., HENNING, A. A., & PÁDUA, G. P. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. *Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2007.
- FRANCESCHI, L., BENIN, G., MARCHIORO, V. S., MARTIN, T. N., SILVA, R. R., & SILVA, C. L. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. *Bragantia*, v. 69, n. 4, p. 797-805, 2010.
- GONÇALVES, N. R., CICERO, S. M. & ABUD, H. F.. Seedling image analysis and traditional tests to evaluate onion seed vigor. *Journal of Seed Science*, v. 39, n. 3, p. 216-223, 2017.
- HARTWIG, E. E., & COLLINS, F. I. Evolutions of density classification as a selection technique in breeding soybeans for protein or oil. *Crop Science*, Madson, v. 2, p. 159-162, 1962.
- HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.
- LI, C. C. Path Analysis-a primer. *The Boxwood Press.*, 1975.

- LIN, C. S. & BINNS, M. R. A method of analyzing cultivar x location x year experiment: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 76, n. 3, p. 425-430, 1988.
- LIN, C. S., BINNS, M. R., & LEFKOVITCH, L. P. Stability Analysis: Where Do We Stand? 1. *Crop science*, v. 26, n. 5, p. 894-900, 1986.
- MAHMOUD, A. A., NATARAJAN, S. S., BENNETT, J. O., MAWHINNEY, T. P., WIEBOLD, W. J., & KRISHNAN, H. B. Effect of six decades of selective breeding on soybean protein composition and quality: a biochemical and molecular analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 54, n. 11, p. 3916-3922, 2006.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*, FEALQ, Piracicaba, ed.1.,2015.
- McDONALD JUNIOR, M.B. Vigor test subcommittee report. *News Lett. Assoc. Off. Seed Anal.*, v. 54, n. 1, p. 37-80, 1980.
- NOGUEIRA, A.P.O. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). *Tecnologias de produção e usos da soja*. Londrina, PR: Mecenias, 2009, p. 15-44.
- NUNES, J. L. S. Histórico: Soja. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/historico_361541.html. Acesso em: 09 jul. 2018.
- PENARIOL, A. Soja: Cultivares no lugar certo. *Informações Agronômicas*, v. 90, p. 13-14, 2000.
- RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. D., & ZIMMERMANN, M. D. *O Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 1993. 271 p
- SANTORUM, M. *Comparison of tests for analysis of soybean seed vigor and its relationship to field emergence*. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.
- SCHUAB, P. S. R., BRACCINI, A. L., FRANÇA NETO, J. B., SCAPIM, C. A., & MESCHEDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 28, n. 4, 2006.

- SEDIYAMA, T., SILVA, F. & BORÉM, A. *Soja: do plantio à colheita*. Universidade Federal de Viçosa, MG, p. 45,2015.
- SILVA, L. A. S. *Herança e relações genéticas entre densidade da semente, teores de proteína e óleo e produtividade em soja*. 2008. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.
- SILVA, J. G. C. & BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. *Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica*, v. 1, p. 49-50, 1985.
- SILVEIRA, F. T., MORO, J. R., DA SILVA, H. P., DE OLIVEIRA, J. A., & PERECIN, D. Herança da resistência ao enfezamento em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, p. 1717-1723, 2008.
- SINGH, R. K., & CHAUDHARY, B. D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. *Biometrical methods in quantitative genetic analysis.*, 1979.
- SMITH, H. Signal perception, differential expression within multigene families and the molecular basis of phenotypic plasticity. *Plant, Cell and Environment*, 13:585-594, 1990.
- SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. *Annals of eugenics*, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.
- SOUZA, T. V. *Aspectos estatísticos da análise de trilha (path analysis) aplicada em experimentos agrícolas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2013.
- SUPORTE AO MINITAB®18. *Uma comparação dos métodos de correlação de Pearson e Spearman*. 2017. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/correlation-and-covariance/a-comparison-of-the-pearson-and-spearman-correlation-methods/>. Acesso em: 05 nov. 2018.
- THOMAS, A. L. *Soja: tipos de crescimento da planta*. 2018.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. *Journal of agricultural research*, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.

ZANON, A. J., WINCK, J. E.M., STRECK, N. A., ROCHA, T. S. M., CERA, J. C., RICHTER, G. L., LAGO, I., SANTOS, P. M., MACIEL, L. R., GUEDES, J. V. C., & MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. *Bragantia*, Campinas, v. 74, n. 4, p.400-411, 2015.

Capítulo I

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ

RESUMO

A cultura da soja apresenta uma extensa gama de cultivares disponíveis para uso do produtor. O desempenho de cada cultivar em campo está associado as suas características genéticas e a interação destas com o ambiente, em que nesse, estão fatores associados ao manejo da cultura e, também, fatores edafoclimáticos. Recomendações para faixas ambientais específicas são realizadas no lançamento de cultivares de soja, embasadas nas análises de adaptabilidade e estabilidade dessas cultivares. O objetivo desse estudo foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de 12 genótipos cultivados nesta região, com o objetivo de recomendar o genótipo com maior potencial produtivo para as condições ambientais de quatro municípios representativos da região Norte do Paraná. O experimento foi delineado em blocos completos ao acaso, composto de quatro municípios do estado do Paraná: Maringá, Floresta, Cambé e Apucarana, com quatro repetições, na safra agrícola de 2017/2018. Foram utilizadas doze cultivares de soja, totalizando 48 tratamentos, ou seja, um total de 192 unidades experimentais. As variáveis avaliadas foram as seguintes: massa de mil grãos, peso hectolítrico, número de vagens por planta, número de grãos por planta e produtividade. As cultivares foram avaliadas quanto a adaptabilidade e a estabilidade pelas metodologias propostas por Lin e Binns (1988) e método de regressão bissegmentada, segundo Cruz et al. (1989). Os resultados indicaram que a seleção fica mais confiável quando utilizadas as duas metodologias, devido a seus coeficientes de correlação e que a cultivar BRS 1010 IPRO apresentou comportamento promissor para as regiões em avaliação.

PALAVRAS-CHAVE: plasticidade fenotípica, adaptabilidade e estabilidade, índice de seleção e performance.

ABSTRACT

The soybean crop presents an extensive range of cultivars available for use by the producer. The performance of each cultivar in the field is associated to their genetic characteristics and to an interaction with the environment, in which the physical characteristics of the crop behavior and also the soil and climate factors are present. Recommendations regarding propagation in force are carried out at the launching of soybeans, based on analyzes of adaptability and stability of cultivars. The objective of this study was to evaluate an adaptation and stability of 12 genotypes cultivated in this region, with the objective of recommending the genotype with the greatest productive potential for the environmental regions of four representative municipalities of the Northern region of Paraná. The experiment was drawn in complete randomized blocks , composed of four municipalities in the state of Paraná: Maringá, Floresta, Cambé and Apucarana, with four replications, in the agricultural crop of 2017/2018. Soil cultivars were implanted, totaling 48 treatments, that is, a total of 192 experimental units. The evaluated variables were: grain mass, hectoliter weight, number of pods per plant, number of grains per plant and productivity. The cultivars were evaluated for adaptability and resistance to methodologies by Lin and Binns (1988) and the bissegmented regression method, according to Cruz et al. (1989). The results indicated that the highest exchange rate when used was twice as large, due to a character correlation coefficient and its production capacity.

Keywords: phenotypic plasticity, adaptability and stability, selection index and performance.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Paraná, na safra 2017/18, foi o terceiro colocado em maior área cultivada com soja [*Glycine max* (L). Merr.] no Brasil. Cerca de 5,4 milhões de hectares foram semeados com a cultura no Paraná, antecedido pelos estados do Mato Grosso (9,6 milhões) e Rio Grande do Sul (5,6 milhões). Embora, no que diz respeito à produtividade, o estado do Paraná lidera este cenário, com médias de, aproximadamente, 3,700 kg ha⁻¹ na safra 2016/17 e 3,500 kg ha⁻¹ na safra 2017/18. A produção paranaense de soja na safra 2017/18 foi de cerca de 19,2 milhões de toneladas, com redução aproximada de 2,2%, quando comparada à safra 2016/17, mesmo com um aumento de 4% da área cultivada (CONAB, 2018).

Segundo a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento – SEAB, na safra 2014/15 os municípios de Apucarana, Cambé, Floresta e Maringá produziram, aproximadamente, 300 mil toneladas de grãos de soja, representando cerca de 15% do que foi produzido na região centro norte, contabilizando 64 municípios (SEAB, 2016).

A cultura da soja apresenta grande diversidade de cultivares (Carvalho et al., 2010). Existe uma gama de grupos de maturação disponíveis, com o propósito de atender as variações de fotoperíodo ao longo das mudanças de latitude. A escolha do grupo de maturação e do tipo de crescimento caracterizam a duração das fases e do ciclo de desenvolvimento da planta de soja e possibilitam o planejamento da safra (Zanon et al., 2015). Isso ocorre devido à necessidade de cultivares precoces e tardias disponíveis para o produtor e, também, a extensa faixa territorial explorada para sua produção no Brasil (Carvalho et al., 2010).

Muitas características fenotípicas de importância econômica na cultura da soja dependem do genótipo, do ambiente e de suas interações (Genótipo x Ambiente), incluindo seu potencial produtivo. Essas interações demonstram que os comportamentos dos genótipos, com relação aos ambientes testados, dependem das condições a que os mesmos são submetidos. Um mesmo genótipo pode apresentar comportamento diferenciado com as variações de ano e local. Por ser uma espécie cultivada em praticamente todo território brasileiro, a soja comumente está sujeita a inúmeras intempéries advindas do ambiente. Por isso, torna-se necessário a inclusão de análises capazes de proporcionar a seleção de genótipos adaptados e estáveis em programas de melhoramento vegetal (Prado et al., 2001).

As análises de adaptabilidade e estabilidade permitem identificar estatisticamente esses genótipos. Segundo Cruz et al. (2012) a adaptabilidade trata-se da capacidade de

aproveitamento dos genótipos, com relação aos estímulos proporcionados pelo ambiente, de maneira vantajosa. Já a estabilidade é a capacidade de prever um comportamento, de acordo com o estímulo ambiental exposto. Afim de reduzir a influência da interação, os melhoristas buscam cultivares que demonstrem ampla adaptabilidade e elevada estabilidade e tendem a recomendar genótipos específicos para cada ambiente (Barros et al., 2010).

Existem inúmeras metodologias para realização dessas análises e elas diferem nos conceitos, nos parâmetros utilizados e nos procedimentos biométricos, que tem como objetivo medir essas interações (Rocha, 2002). Os modelos fundamentados no método de regressão bissegmentada contemplam a formação de grupos de ambientes favoráveis e restritivos, com presença de índices positivos e negativos, respectivamente (Cruz et al., 2012). Já a metodologia desenvolvida por Lin e Binns (1988) é fundamentada pelo quadrado médio da distância entre a resposta máxima média obtida no ambiente e a média da cultivar, sendo definido como a diferença entre a média dos cultivares em cada local e a média geral.

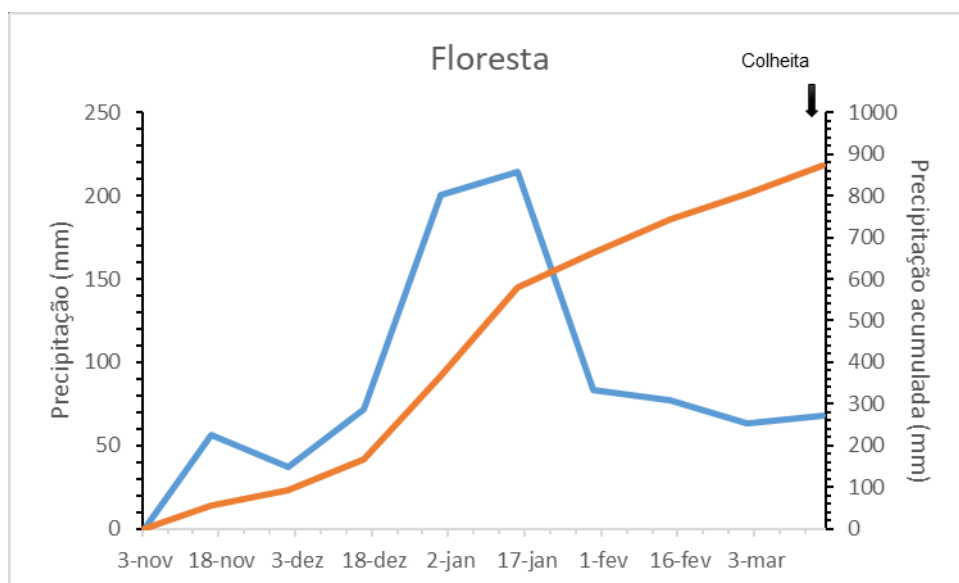
A hipótese dessa pesquisa baseia-se na existência de cultivares de soja mais adaptadas e estáveis para o clima da região Norte do estado do Paraná e na eficiência na seleção de cultivares adaptadas e estáveis, por meio da combinação de duas metodologias diferentes. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de 12 genótipos cultivados nesta região, com o intuito de recomendar o genótipo com maior potencial produtivo para as condições ambientais de quatro municípios representativos da região Norte do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

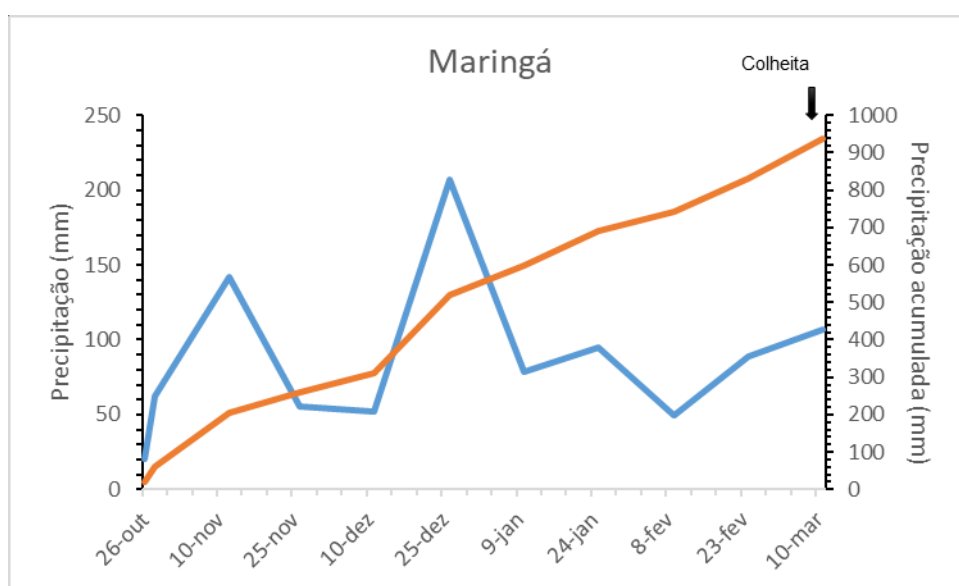
Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2017/2018, em quatro localidades:

- Unidade de Difusão de Tecnologia (UDT) da Cooperativa Agroindustrial de Maringá (COCAMAR), no município de Floresta - PR, situada a uma latitude de 23°35' sul e longitude de 52°04' oeste, com altitude média de 395 m. A semeadura foi realizada no dia 03 de novembro de 2017. O solo dessa área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado como subtropical úmido mesotérmico - Cfa (Alvares et al., 2013), caracterizado pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e uma tendência de

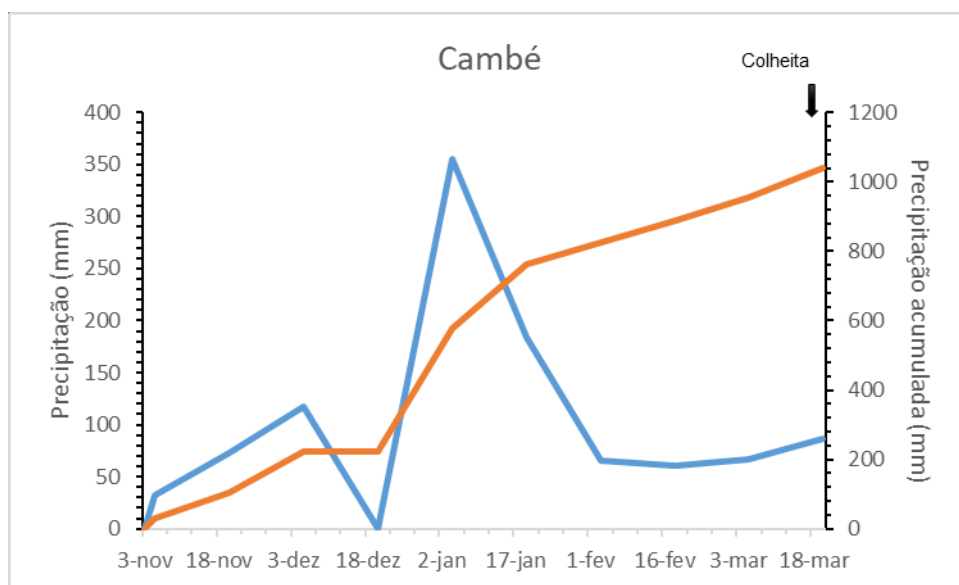
concentração de chuvas no período de verão (Iapar, 1987). A adubação realizada na semeadura foi de 190 kg de fosfato monoamônico (MAP). A precipitação observada foi de cerca de 873,7 mm (Instituto de águas do Paraná, 2018).



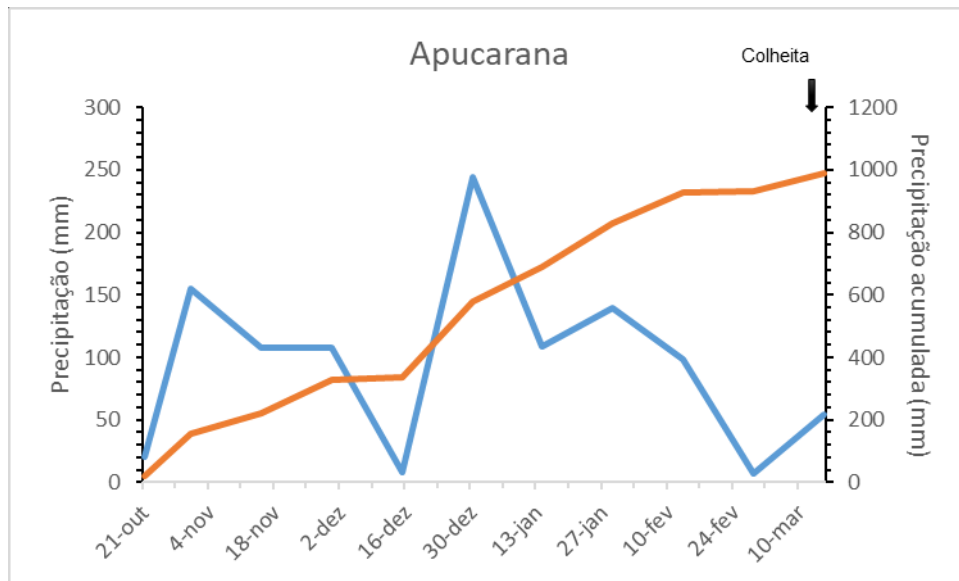
- Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no município de Maringá – PR, situada a uma latitude de 23°02' sul e longitude de 52°04' a oeste, com altitude média de 509 m. A semeadura foi realizada no dia 25 de outubro de 2017. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho eutroférrico de textura arenosa (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado predominantemente como Cfa (Alvares et al., 2013). A adubação realizada na semeadura foi de 370 kg de NPK 01-20-20. A precipitação observada foi de cerca de 937,4 mm no decorrer do ciclo da cultura (Instituto de águas do Paraná, 2018).



- Centro de pesquisa em soja da empresa Tropical Melhoramento Genético (TMG), localizado no município de Cambé - PR, situada a uma latitude de 23°15' sul e longitude de 51°14' a oeste, com altitude média de 650 m. A semeadura foi realizada no dia 03 de novembro de 2017. O solo da região foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado como Cfa (Alvares et al., 2013). A adubação realizada na semeadura foi de 400 kg de NPK 01-20-20. A precipitação observada foi de cerca de 1.040,3 mm (Instituto de águas do Paraná, 2018).



- Fazenda Cortês, localizada no município de Apucarana – PR, situada a uma latitude de 23°33' sul e longitude de 51°22' oeste, com altitude média de 764 m. A semeadura foi realizada no dia 21 de outubro de 2017. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado como Cfa (Alvares et al., 2013). A adubação de semeadura foi de 225 kg de NP 08-39-00 com 9% de enxofre e 130 kg de KCl após a emergência. A precipitação observada foi de cerca de 987,8 mm (Instituto de águas do Paraná, 2018).



As sementes dos quatro ambientes foram inoculadas com 100 mL 50 kg⁻¹ de sementes do inoculante comercial a base Semia 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) e Semia 5019 (*Bradyrhizobium melkanii*), na concentração de 5x10⁹ rizóbios por mL do produto.

Foram utilizadas 12 cultivares comerciais de soja, com variação do grupo de maturação de 4.8 até 6.7 (Tabela 1). O grupo de maturação indica a região de melhor adaptação, com relação ao fotoperíodo e pode variar de 0 a 10. Na região em análise, no estado do Paraná, o grupo de maturação indicado varia entre 5.5 e 8.0. O tipo de crescimento foi padrão, com todas as cultivares sendo indeterminadas, ou seja, após iniciado o florescimento a altura da planta continua a aumentar, com exceção da cultivar TMG 7062 IPRO, que tem característica de tipo de crescimento semideterminado; nesse caso, continua a diferenciar o número de nós por um tempo adicional, após o florescimento, mas apresenta racemo terminal (Sediyama et al., 2015).

Cada parcela foi constituída de 6 linhas de 5 metros, espaçadas de 0,45 m, totalizando a área da parcela em 13,5 m², onde apenas 5,4 m² foram utilizados como área útil. A densidade de semeadura foi de 15 plantas por metro. O delineamento foi o de blocos completos com tratamentos casualizados, com quatro repetições, os tratamentos culturais foram conduzidos segundo as necessidades da cultura da soja para essa região (Embrapa Soja, 2011).

Tabela 1 - Cultivares utilizadas com seus respectivos grupos de maturação e tipo de crescimento.

Cultivares	Grupo de Maturação	Tipo de crescimento
BRS 388 RR	6.4	I
NS 4823 RR	4.8	I
BRS 1010 IPRO	6.1	I
TMG 7062 IPRO	6.2	SD
TMG 7063 IPRO	6.3	I
M 5947 IPRO	5.9	I
M 6410 IPRO	6.4	I
SYN 1561 IPRO	6.1	I
SYN 1163 RR	6.3	I
NA 5909 RG	6.2	I
BMX POTÊNCIA RR	6.7	I
63I64 IPRO GARRA	6.3	I

I – Indeterminado e SD – Semideterminado.

As variáveis resposta avaliadas foram: massa de mil grãos (MMG), determinada pela pesagem de 8 subamostras de 100 grãos para cada repetição de campo, com auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Em seguida, os resultados foram multiplicados por 10, de acordo com Brasil (2009). Também, se avaliou o peso hectolétrico (PHE), que corresponde à massa de 100 litros de soja expresso em kg hl⁻¹, obtido por meio do aparelho Medidor de Umidade Portátil de Grãos, marca AGROLOGIC, Modelo AL-101 (Brasil, 2009).

No estádio de maturação R6, no qual o grão encontra-se cheio e completo, mas apresenta coloração verde preenchendo as cavidades das vagens, foram coletadas cinco plantas por parcela da bordadura (Sedyama et al., 2015) e, por meio de contagem direta, foram obtidos os dados de número de vagens por planta e número de grãos por planta. A produtividade de grãos foi determinado com a coleta de todas as plantas da área útil e a produção da parcela extrapolada para kg ha⁻¹, realizada a correção de umidade das sementes para 13% base úmida.

Todos os dados das variáveis analisadas foram submetidos a análise dos pressupostos básicos da estatística pelos testes Lilliefors (Lilliefors, 1967) e Bartlett (Steel e Torrie, 1980) ($p < 0,05$). Em seguida, os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (tratamentos qualitativos) e os resultados comparados por meio de análise

conjunta (Zimmermann, 2014). Os ambientes foram considerados aleatórios e os genótipos como fixos. Além disso, na análise conjunta, as relações de quadrado médio maiores que sete foram ajustadas (Gomes e Garcia, 2002). Posteriormente, a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram analisadas por meio das metodologias de Lin e Binns (1988) e regressão bissegmentada, segundo Cruz et al. (1989). A fim de avaliar o comportamento das variáveis, um em relação aos outros, os dados foram submetidos à análise de correlação linear simples de Pearson e criado um índice de seleção clássico. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa Genes (Cruz, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade não apresentou significância para os tratamentos ($p < 0,05$) na análise conjunta. Esse comportamento pode ser explicado pela possível similaridade da base genética presente nas cultivares utilizadas (Miranda et al., 2007). Essa semelhança está associada a presença de uma combinação balanceada dos genes, quando utilizamos cultivares altamente produtivas e que são indicadas para uma mesma região. Quando o equilíbrio dos genes é atingido, dificilmente obtêm-se ganhos adicionais em produtividade (Kiihl, 1994). Por esse motivo, as doze cultivares comerciais utilizadas podem conter bases genéticas parecidas.

O grupo de maturação das cultivares utilizadas variou de 4.8 a 6.7 e não houve diferença na produtividade entre as mesmas. Para a cultivar NS 4823 RR, pertencente ao grupo de maturação 4.8, a colheita das parcelas foi adiantada em cerca de 30 dias, para todos os locais, com relação as demais cultivares, colhidas juntas posteriormente. A escolha da cultivar depende de muitos fatores e, dentre eles, o planejamento de uso da área posterior ao cultivo da soja é de extrema importância, uma vez que se o produtor optar por produzir na segunda safra, ele deve optar por cultivares mais precoces.

O estado do Paraná é o segundo maior produtor de milho (*Zea mays*) segunda safra no Brasil. Na safra 2018, estima-se uma produção de, aproximadamente, 9 milhões de toneladas, perdendo apenas para o estado do Mato Grosso (CONAB, 2018). O desenvolvimento dessa cultura em condições climáticas mais favoráveis aumenta as possibilidades da planta atingir seu potencial produtivo. A influência da época de semeadura na produção de grãos de milho na segunda safra está relacionada diretamente com o regime pluviométrico, pois é necessário que nos estádios finais da fase de

desenvolvimento vegetativo e na fase reprodutiva haja uma melhor distribuição de chuvas, uma vez que são etapas críticas para o potencial produtivo do milho (Simão et al., 2017). Cardoso et al. (2004) avaliaram 12 épocas de semeadura do mês de janeiro à abril, sem e com limitação hídrica. Eles observaram decréscimo no rendimento da produtividade em 38% com o atraso da semeadura e, quando acrescido do déficit hídrico, a redução passou a ser de 44%.

De acordo com as informações citadas anteriormente, a redução no ciclo da soja pode ser útil para a região, quando existe intenção em produzir o milho segunda safra, uma vez que, com a antecipação da semeadura do milho, produtividades mais elevadas podem ser atingidas, além de uma maior qualidade do genótipo.

O conjunto de genótipos de soja utilizados também conta com uma cultivar que possui tipo de crescimento semideterminado, diferentemente das demais que são indeterminadas, e que não apresentou diferença para produtividade. A cultivar semideterminada apresenta um comportamento intermediário aos tipos de crescimento determinado e indeterminado. Após o florescimento, a mesma, continua a crescer vegetativamente, mas em menor proporção, quando comparada ao tipo indeterminado e apresenta ráculo terminal. Nesse caso, precocidade e o porte mais elevado podem manter a redução nos riscos relacionados ao estresse hídrico e possibilitar um maior desempenho nas culturas de segunda safra.

Cordeiro Junior et al. (2017) avaliaram 30 cultivares comerciais de soja na região Centro Norte Paulista na safra 2016/17. Os autores utilizaram cultivares com grupos de maturação que variaram de 5.8 a 8.2 e, dentre esses genótipos, haviam genótipos de tipo de crescimento determinado, indeterminado e semideterminado. Os mesmos encontraram resultados que corroboram com a variável produtividade. A cultivar com menor grupo de maturação (5.8) não diferiu estatisticamente pelo teste Tukey ($p > 0.05$) de cultivares com grupos de maturação maiores, como 7.3 e 8.2. Além disso, eles também observaram que o tipo de crescimento não foi determinante para essa variável.

Para a produtividade, os ambientes foram significativos ($p < 0,05$) e, entre os ambientes, todas as cultivares apresentaram comportamento diferenciado com probabilidade variando de 0 a 0,00151 (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado para a variável MMG, onde foi constatado diferença entre os ambientes ($p < 0,05$), mas apenas as cultivares NS 4823 RR, TMG 7063 IPRO, SYN 1561 IPRO e BMX POTÊNCIA RR diferiram ao longo dos ambientes.

Diferentemente da produtividade, a MMG apresentou significância para os tratamentos ($p < 0,05$), ou seja, deve existir pelo menos um tratamento que difere dos demais. Perini et al. (2012) avaliaram sete cultivares de soja na safra 2009/2010, no município de Londrina no estado do Paraná e encontraram diferença para as mesmas na MMG, além de observarem um comportamento inverso para número de grãos por planta, ou seja, quanto maior a MMG menor o número de grãos por planta, que segundo esses mesmos autores são os principais componentes de produção.

Tabela 2 – Análise de variância desdobrada para tratamento dentro de ambientes para as variáveis produtividade e número de grãos por planta.

FV	Trat	Produtividade		Número de grãos	
		F	Prob.	F	Prob.
AMB/TRAT	BRS 388 RR	10,062	0	1,082	0,3588
AMB/TRAT	NS 4823 RR	8,402	0,00003	1,540	0,2069
AMB/TRAT	BRS 1010 IPRO	8,013	0,00005	0,882	1
AMB/TRAT	TMG 7062 IPRO	9,446	0	1,259	0,291
AMB/TRAT	TMG 7063 IPRO	9,467	0	0,664	1
AMB/TRAT	M 5947 IPRO	9,592	0	0,065	1
AMB/TRAT	M 6410 IPRO	9,598	0	0,718	1
AMB/TRAT	SYN 1561 IPRO	9,591	0	0,804	1
AMB/TRAT	SYN 1163 RR	10,329	0	4,236	0,0067
AMB/TRAT	NA 5909 RG	7,700	0,00008	1,560	0,2019
AMB/TRAT	BMX POTÊNCIA RR	7,200	0,00015	0,678	1
AMB/TRAT	63I64 IPRO GARRA	5,397	0,00151	4,089	0,0081

FV= fatores de variação, Trat = tratamento, Amb = ambiente, Prob = probabilidade, F = valor obtido pelo teste F.

Para a variável número de grãos por planta, mesmo não havendo diferença significativa para tratamentos e ambientes, ao ser analisada a interação genótipos x ambientes a diferença foi expressa ($p < 0,05$). Esse comportamento revelou a presença de disparidade nas respostas dos genótipos aos ambientes. Na decomposição dos fatores, os ambientes Maringá e Apucarana apresentaram distinção entre os tratamentos, com probabilidade de 0,0025 e 0,00012, respectivamente (Tabela 2), ao passo que Cambé e Floresta não. As demais variáveis, PHE e número de vagens por planta, não foram significativas. A análise de variância conjunta foi possível devido a presença de normalidade nos erros, atestada pelo teste de Lilliefors, bem como homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett.

Segundo Lin e Binns (1988), a superioridade geral da cultivar é definida pela média quadrada entre a resposta da cultivar e a resposta máxima em todas as localidades, sendo assim, o genótipo ideal é o que apresenta o menor valor do índice de estabilidade (P), sendo esse um parâmetro que quantifica o desvio de uma cultivar, em relação ao genótipo de maior desempenho, em cada ambiente. Atua estimando uma medida relativa de uma cultivar hipotética que apresente adaptabilidade geral e coeficiente de regressão igual ou próximo a uma unidade.

Essa metodologia apresenta estimadores apenas para a recomendação geral de cultivares, obtida pela estimativa de P_i , onde i é o número de genótipos avaliados (Cruz et al., 2014). Como indicado na Tabela 3, a cultivar TMG 7062 IPRO apresentou menor P_i para MMG (3,0505), produtividade (59099,9914) e foi a segunda para número de grãos (590,3053), antecedido pela cultivar BMX POTÊNCIA RR (549,8441); assim, pode-se inferir que essa cultivar apresentou maior estabilidade, ou seja, apresenta comportamento previsível na exposição a esses ambientes.

No outro extremo temos a cultivar M 6410 IPRO, com o maior P_i para MMG (1581,7451) e a cultivar TMG 7063 IPRO para produtividade (499727,7272) e PHE (100,989). A cultivar NS 4823 RR teve os maiores valores de P_i para número de vagens por planta (942,7141) e número de sementes por planta (10645,5456) e, além disso, ocupou nas demais variáveis, colocação entre os quatro maiores valores (Tabela 3). Polizel et al. (2013) encontraram maior estabilidade para o genótipo UFU 23, pois o seu valor de P_i foi o menor e a sua porcentagem de contribuição para a interação baixa (1,11%), podendo, assim, ser considerado por esses autores como um genótipo promissor. Em contrapartida, o genótipo Msoy 6101 foi considerado de baixa estabilidade, por apresentar o maior valor de P_i observado e porcentagem de contribuição para a interação alta (17,19%).

Tabela 3 – *Pi* geral dos genótipos de soja, obtidos pela metodologia proposta por Lin e Binns (1988), na região centro-norte do estado do Paraná, na safra 2017/18.

Genótipo	MMG	Prod	PHE	NV	NG
BRS 388 RR	1093,78	190545,98	1,64	377,49	2306,91
NS 4823 RR	1078,38	242842,31	40,65	942,71	10645,55
BRS 1010 IPRO	541,87	163391,20	1,17	351,95	2027,28
TMG 7062 IPRO	3,05	59099,99	1,07	42,48	590,31
TMG 7063 IPRO	713,51	499727,73	100,99	346,11	2755,45
M 5947 IPRO	908,78	90605,45	1,61	291,57	1935,82
M 6410 IPRO	1581,75	63289,91	1,31	385,38	2334,65
SYN 1561 IPRO	731,56	365984,86	55,79	364,47	2338,79
SYN 1163 RR	430,05	193637,87	3,43	382,03	2432,45
NA 5909 RG	422,74	179244,58	1,69	253,23	2111,59
BMX POTÊNCIA RR	1379,56	183351,34	49,03	91,43	549,84
63I64 IPRO GARRA	225,85	275157,47	1,81	295,12	3549,94

MMG = Massa de mil grãos; Prod = Produtividade, PHE = Peso hectolítrico, NV = Número de vagens por planta e NG = Número de grãos por planta.

Na metodologia de regressão bissegmentada para as variáveis MMG e produtividade, os ambientes FEI e Floresta foram classificados como restritivos e os ambientes Apucarana e Cambé como favoráveis (Tabela 4). Essa classificação pode ter influência da altitude, visto que os locais denominados favoráveis foram aqueles que apresentam maior altitude. Menores rendimentos de soja foram encontrados por Teixidó (2013) no Paraguai, quando produzidos em baixas altitudes, no município de Bella Vista. Em contrapartida, esses autores também encontraram melhor performance nas cultivares de soja em Pedro Juan Caballero, ambiente de maior altitude e, conseqüentemente, maior amplitude térmica.

Tabela 4 - Classificação dos ambientes em favoráveis (F) e restritivos (R), por meio da metodologia proposta por Cruz; Torres e Vencovsky (1989), na safra 2017/18.

Ambiente	MMG	Prod	NG
Maringá	R	R	R
Apucarana	F	F	F
Floresta	R	R	R
Cambé	F	F	R

MMG = Massa de mil grãos; Prod = Produtividade e NG = número de grãos.

No número de grãos por planta foi observada uma classificação diferente. Apenas Apucarana foi considerada favorável e isso também pode ter ocorrido devido a esse

ambiente conter o maior valor de altitude (764 m). Essa metodologia classifica os ambientes considerando o conjunto de fatores ambientais que influenciam os genótipos, o que impossibilita o destaque de um ou outro ambiente (Fernandes Júnior et al., 2013).

Com a análise matemática dos dados, foi possível observar para MMG que as cultivares TMG 7062 IPRO e NA 5909 RG apresentaram maior estabilidade, pois tiveram diferença entre suas médias em locais favoráveis ou restritivos em, aproximadamente, 13 gramas, ou seja, dentre todas as cultivares avaliadas foram as que variam menos nesses ambientes. Além disso, a cultivar TMG 7062 IPRO também apresentou o melhor desempenho nos ambientes favoráveis e restritivos, o que pode implicar em maior adaptabilidade para os locais testados. Já as cultivares SYN 1163 RR e BMX POTÊNCIA RR apresentaram as maiores diferenças, 29,8 e 29,4 respectivamente, e isso pode demonstrar um comportamento inverso ao das cultivares TMG 7062 IPRO e NA 5909 RG (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 5 – Média geral dos genótipos de soja, obtidos pela metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), na região norte do estado do Paraná, na safra 2017/18.

Genótipo	MMG	Prod.	PHE	NV	NG
BRS 388 RR	155,99	3938,46	66,7844	58,58	142,59
NS 4823 RR	164,40	3862,06	63,2469	40,14	68,98
BRS 1010 IPRO	169,98	3983,24	67,2125	57,85	143,20
TMG 7062 IPRO	201,28	4257,21	67,3563	73,36	165,86
TMG 7063 IPRO	172,16	3751,81	57,9281	56,94	133,09
M 5947 IPRO	160,12	4063,93	66,85	58,31	143,46
M 6410 IPRO	146,34	4135,23	67,0688	58,54	146,74
SYN 1561 IPRO	168,87	3700,73	62,0063	62,21	145,41
SYN 1163 RR	175,62	3952,60	65,9313	60,98	148,81
NA 5909 RR	174,23	4007,10	66,9844	62,81	146,19
BMX POTÊNCIA RR	153,91	3989,85	62,0438	69,03	173,51
63I64 IPRO GARRA	182,28	3922,10	66,7406	65,30	149,09

MMG = Massa de mil grãos; Prod = Produtividade, PHE = Peso hectolítico, NV = Número de vagens por planta e NG = Número de grãos por planta.

Para produtividade, a cultivar 63I64 IPRO GARRA apresentou menor valor de diferença entre suas médias, aproximadamente 590 g, mas também apresenta o menor valor de produtividade, quando cultivada em condições ambientais favoráveis. A cultivar TMG 7062 IPRO obteve uma diferença entre suas médias de cerca de 980 g, mas foi a

cultivar que teve o melhor desempenho em ambientes favoráveis. Considerando esse raciocínio, as cultivares M 6410 IPRO e SYN 1163 RR apresentaram menor estabilidade, sendo que a cultivar SYN 1163 RR apresentou a pior média em ambientes restritivos (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 6 – Média nos ambientes favoráveis dos genótipos de soja, obtidos pela metodologia proposta por Cruz; Torres e Vencovsky (1989), na região Norte Central do estado do Paraná, na safra 2017/18.

Genótipo	MMG	Prod.	PHE	NV	NG
BRS 388 RR	174.19	4981.33	67.44	58.78	182.6
NS 4823 RR	193.13	4882.15	68.35	39.99	19.4
BRS 1010 IPRO	188.88	4860.9	67.71	59.05	181.85
TMG 7062 IPRO	214.25	5235.21	68.05	84.93	207.7
TMG 7063 IPRO	191.28	4767.61	61.59	61.35	119.85
M 5947 IPRO	178.6	5099.55	67.8	61.0	153.8
M 6410 IPRO	159.65	5222.18	67.61	53.63	157.5
SYN 1561 IPRO	198.67	4545.65	60.88	57.03	169.7
SYN 1163 RR	193.18	5190.8	66.56	64.05	240.6
1NA 5909 RG	187.09	4806.51	67.45	72.24	126.58
BMX POTÊNCIA RR	183.35	5028.88	67.28	77.53	186.3
63I64 IPRO GARRA	199.27	4512.63	67.24	68.0	76.5

MMG = Massa de mil grãos; Prod = Produtividade, PHE = Peso hectolítrico, NV = Número de vagens por planta e NG = Número de grãos por planta.

Na característica número de sementes por planta, as cultivares BRS 388 RR e NS 4823 RR foram aparentemente as mais estáveis, com diferença das médias com valores abaixo de 1 semente e a cultivar TMG 7062 IPRO, apesar de manter o comportamento de melhor média em ambiente favorável, também apresentou a maior diferença de médias, cerca de 12 sementes. Isso sugere que a cultivar TMG 7062 IPRO para os ambientes testados e comparada as outras cultivares avaliadas, para o caractere número de sementes por planta, pode ser a cultivar mais adaptada, mas com menor estabilidade (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 7 – Média nos ambientes restritivos dos genótipos de soja, obtidos pela metodologia proposta por Cruz; Torres e Vencovsky (1989), na região Norte Central do estado do Paraná, na safra 2017/18.

Genótipo	MMG	Prod.	PHE	NV	NG
BRS 388 RR	137.78	2895.59	64.81	58.38	129.25
NS 4823 RR	135.68	2841.98	47.95	40.3	85.5
BRS 1010 IPRO	151.08	3105.58	65.71	56.65	130.32
TMG 7062 IPRO	188.31	3279.2	65.29	61.8	151.92
TMG 7063 IPRO	153.04	2736	46.94	52.53	137.5
M 5947 IPRO	141.65	3028.31	63.99	55.63	140.02
M 6410 IPRO	133.03	3048.28	65.44	63.45	143.15
SYN 1561 IPRO	139.08	2855.8	65.38	67.4	137.32
SYN 1163 RR	158.06	2714.39	64.05	57.9	118.22
NA 5909 NG	161.37	3207.68	65.58	53.38	152.73
BMX POTÊNCIA RR	124.46	2950.82	46.34	60.53	169.25
63I64 IPRO GARRA	165.3	3331.58	65.24	62.6	173.28

MMG = Massa de mil grãos; Prod = Produtividade, PHE = Peso hectolítrico, NV = Número de vagens por planta e NG = Número de grãos por planta.

No método da regressão linear bissegmentada, proposto por Cruz et al. (1989), é dado por parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, sendo eles a média ($\hat{\alpha}_0$) e a resposta linear a ambientes restritivos ($\hat{\alpha}_1$) e favoráveis ($\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2$). Nessa metodologia, a estabilidade é observada por meio do desvio da regressão de cada genótipo, em função das variações ambientais ($\hat{\sigma}_\delta$) (Garbuglio et al., 2007). Para a identificação do genótipo ideal, altos valores de $\hat{\alpha}_0$ são necessários, alta responsividade em ambientes favoráveis ($\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 > 1$) e baixa resposta em ambientes restritivos ($\hat{\alpha}_1 < 1$), ou seja, ser bem adaptada, e ter comportamento previsível quando condicionada a adversidade (variância dos desvios da regressão não significativa) (Backes et al., 2005).

Na Tabela 8 são apresentados os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade estimados pelo método proposto por Cruz et al. (1989), para a variável produtividade. Quando o intuito é selecionar cultivares de interesse em programas de melhoramento, a alta produtividade é indispensável, pois, para o produtor o quanto mais a cultivar mantiver esse comportamento em ambientes diferentes, mais seguro será seu uso. Sendo assim, para a variável produtividade foi observado que a cultivar NA 5909 RG é a que mais se aproxima do genótipo ideal, pois apresenta o quarto maior $\hat{\alpha}_0$; $\hat{\alpha}_1 < 1$, ou seja, apresenta baixa responsividade em locais restritivos e $\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 > 1$, o que indica que a cultivar

responde a ambientes favoráveis e apresenta adaptabilidade, além de ser estável, uma vez que o $\hat{\sigma}_\delta^2$ não é significativo (Tabela 8).

Os maiores valores de $\hat{\sigma}_0$ foram observados para as cultivares TMG 7062 IPRO e M 6410 IPRO e os menores valores para as cultivares TMG 7063 IPRO e SYN 1561 IPRO para produtividade, que, além disso, também não apresentaram $\hat{\sigma}_\delta^2$ significativo, ou seja, não foram estáveis para essas condições (Tabela 8). Garbuglio et al. (2007), avaliaram 27 cultivares de milho em 22 locais na região Sul do Brasil e observaram que para as duas cultivares com menor valor de $\hat{\sigma}_0$ também não foi encontrada estabilidade, utilizando essa mesma metodologia, corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho. Similar ao observado por Backes et al. (2005), que avaliaram 13 genótipos de feijão no estado de Santa Catarina, em dez locais por duas safras e encontraram, nos dois menores valores da média de produtividade, cultivares que não apresentaram estabilidade pela metodologia de reta bissegmentada. Gabuglio et al. (2007) e Backes et al. (2005) observaram estabilidade, ou seja, $\hat{\sigma}_\delta^2$ não significativo, para as duas cultivares com maior média ($\hat{\sigma}_0$) para produtividade.

O parâmetro que demonstra o comportamento das cultivares em ambientes restritivos é o $\hat{\sigma}_1$, e a direção da seleção depende dos objetivos dos melhoristas. Para cultivares com $\hat{\sigma}_1 > 1$, são observadas respostas a melhoria do ambiente, mas, também, há sensibilidade dos genótipos, quando sujeito a condições de estresse. E cultivares com $\hat{\sigma}_1 < 1$ são mais rústicas com relação as adversidades ambientais, mas as respostas produtivas comparadas as demais são menores (Cruz et al., 2012).

As cultivares TMG 7062 IPRO e M 6410 IPRO apresentaram comportamento responsivo a melhoria do ambiente ($\hat{\sigma}_1 > 1$), sendo assim, com o uso de investimento em tecnologia e em recursos produtivos, como disponibilidade hídrica, nutrição adequada e controle de pragas e doenças, a cultivar consegue atingir altos padrões produtivos. Contudo, exige cuidados mediante a falta desses investimentos, pois apresenta sensibilidade em condições adversas, acarretando em produtividades reduzidas. Quanto as cultivares TMG 7063 IPRO e SYN 1561 IPRO, que apresentaram as menores médias, o comportamento foi distinto dentre as mesmas. A cultivar SYN 1561 IPRO apresentou comportamento semelhante às cultivares TMG 7062 IPRO e M 6410 IPRO, já a cultivar TMG 7063 IPRO mostrou-se adaptada à ambientes restritivos com $\hat{\sigma}_1 < 1$ (Tabela 8).

As cultivares BRS 1010 IPRO e NA 5909RG também apresentaram ($\hat{\sigma}_1 < 1$) e os $\hat{\sigma}_\delta^2$ não significativos, ou seja, foram estáveis, e podem ser indicadas para ambientes

restritivos, além de estarem alocadas entre as seis cultivares de maior $\hat{\beta}_0$. Estes resultados corroboram com os obtidos por Backes et al. (2005), que ao utilizarem a metodologia de regressão linear bissegmentada, encontraram duas cultivares passíveis de recomendação para ambientes restritivos, com $\hat{\beta}_1 < 1$ e os $\hat{\sigma}_\delta^2$ não significativos, sendo uma delas com a quarta maior média ($\hat{\beta}_0$).

O parâmetro $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$ está associado ao comportamento das cultivares nos ambientes favoráveis. Nenhuma cultivar apresentou adaptabilidade ampla, com $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 = 1$. As cultivares TMG 7063 IPRO e SYN 1561 IPRO apresentaram valores acima de 1 e $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$ (Tabela 8), indicando que seriam passíveis de recomendação para ambientes favoráveis específicos, caso apresentassem produtividade satisfatória. Diferentemente das cultivares TMG 7062 IPRO e M 6410 IPRO, que tiveram $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 < 1$, ou seja, não respondem satisfatoriamente em ambientes favoráveis, mas apresentaram as melhores médias ($\hat{\beta}_0$) de produtividade (Tabela 8). Backes et al. (2005) encontraram resultados semelhantes para a cultura do feijão, pois ao analisarem os valores de $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 < 1$ observaram a presença de cultivares pouco produtivas.

Tabela 8 – Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de regressão linear bissegmentada proposto por Cruz; Torres e Vencovsky (1989), na região centro-norte do estado do Paraná, na safra 2017/18, para produtividade.

Genótipo	β_0	β_1	β_2	$\beta_1 + \beta_2$	F $\hat{\sigma}_\delta^2$
BRS 388 RR	3938,46	1,07	0,96	2,03	0,004 ^{ns}
NS 4823 RR	3862,06	1,02	-1,82	-0,80	0,07 ^{ns}
BRS 1010 IPRO	3983,24	0,96	0,67	1,63	0,17 ^{ns}
TMG 7062 IPRO	4257,21	1,09	-1,53	-0,45	0,32 ^{ns}
TMG 7063 IPRO	3751,81	0,88	2,47	3,35	1,72*
M 5947 IPRO	4063,93	1,10	-0,26	0,84	0,02 ^{ns}
M 6410 IPRO	4135,23	1,10	-0,36	0,73	0,05 ^{ns}
SYN 1561 IPRO	3700,73	1,05	0,24	1,29	1,71*
SYN 1163 RR	3952,60	1,12	-0,95	0,16	1,68*
NA 5909 RG	4007,10	0,92	0,92	1,84	0,51 ^{ns}
BMX POTÊNCIA RR	3989,85	0,93	-0,71	0,22	1,34*
63I64 IPRO GARRA	3922,10	0,77	0,39	1,15	1,38*

*Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo, pelo teste F.

Como já mencionada, a produtividade é a variável mais importante e determinante em primeiro plano para qualquer programa de melhoramento que objetive o lançamento

de cultivares competitivas no mercado. Mas seu desempenho pode ser alterado com seleções em variáveis que sejam componentes de produção. Segundo Navarro Junior e Costa (2002), o número de vagens e o número de grãos por planta influenciam diretamente nos ajustes da produtividade, além de outras variáveis. Com o objetivo de agrupar as cinco variáveis avaliadas para selecionar as cultivares mais promissoras para as condições avaliadas, utilizou-se o índice de seleção clássico, que promove uma combinação linear dos caracteres envolvidos, a fim de estabelecer um novo caráter (Cruz et al., 2014).

O índice clássico apresenta distribuição de ganhos genéticos esperados de maneira mais equilibrada (Martins et al., 2003) e, por meio desse índice, foi selecionado o primeiro terço das cultivares classificadas. Como peso econômico, o coeficiente de variação genético correspondente a cada variável foi utilizado conforme sugestão de Cruz (1990), que defende ser um bom referencial, uma vez que é um parâmetro adimensional e é diretamente proporcional a variância genética. O coeficiente de variação genético foi utilizado em muitos trabalhos como, por exemplo, nos desenvolvidos por Martin et al. (2003) e Costa et al. (2004).

As cultivares TMG 7063 IPRO, BRS 1010 IPRO, SYN 1163 RR e TMG 7062 IPRO foram as primeiras na classificação do índice na direção dos acréscimos e a cultivar NS 4823 RR foi a sétima, ou seja, a melhor colocada das seis últimas cultivares, sendo considerada como o limite inferior da seleção, isto é, nenhuma cultivar com desempenho abaixo dela deve ser selecionada. Quando observados os dados obtidos para produtividade, pela metodologia proposta por Lin e Binns (1988) (Tabela 3), as cultivares TMG 7062 IPRO e BRS 1010 IPRO também foram classificadas no primeiro terço pelo parâmetro geral (P_i).

Pela metodologia proposta Cruz et al. (1989) (Tabela 8), as cultivares TMG 7063 IPRO e BRS 1010 IPRO foram classificadas como insensíveis a adversidade ambiental, sendo adaptadas a ambientes restritivos ($\hat{\beta}_1 < 1$), ao passo que as cultivares TMG 7063 IPRO e SYN 1163 RR não apresentaram estabilidade ($\hat{\sigma}_s^2$ significativo). Para esses mesmos ambientes, as cultivares SYN 1163 RR e TMG 7062 IPRO responderam as melhorias. Já quanto aos ambientes favoráveis, as cultivares TMG 7063 IPRO e BRS 1010 IPRO poderiam ser recomendadas para ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$), diferentemente das cultivares SYN 1163 RR e TMG 7062 IPRO ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 < 1$). A cultivar NS 4823 RR, nas duas metodologias, manteve padrões que não são passíveis de seleção

(Tabela 9). Os coeficientes de determinação explicaram bem o comportamento das cultivares discutidas, devido à seleção pelo índice (TMG 7063 IPRO, BRS 1010 IPRO, SYN 1163 RR, TMG 7062 IPRO e NS 4823 RR), frente às variações ambientais, e para a variável produtividade foram respectivamente 93,9; 99,3; 94,6; 98,9 e 99,7%.

Como pode ser observado, a cultivar BRS 1010 IPRO foi promissora nas duas metodologias utilizadas e foi selecionada pelo índice clássico, possibilitando uma seleção mais concisa das cultivares. Esse comportamento é observado, pois, na análise de correlação de Pearson entre os parâmetros de ambientes favoráveis e restritivos para produtividade, foi observada uma correlação significativa de 0,60 entre os parâmetros de classificação para ambientes favoráveis (Tabela 10). Esse valor resume o grau da relação linear entre as duas variáveis e, nesse caso, compara a classificação para ambientes favoráveis das duas metodologias avaliadas, a proposta por Lin e Binns (1988) e a proposta por Cruz et al. (1989). A correlação entre $\hat{\beta}_1$ e o P_i para ambientes positivos (P_{i+}) também foi significativa, mas inversa. Nesse caso, o resultado já era esperado, pois $\hat{\beta}_1$ infere sobre ambientes restritivos e P_{i+} sobre ambientes favoráveis, sendo assim, a correspondência da relação entre os dois parâmetros é de -0,71 (Tabela 10).

Os dados observados na análise de correlação podem inferir certo grau de correspondência entre as metodologias utilizadas. As demais correlações não foram significativas. Esses resultados não corroboram aos observados por Pereira et al. (2009), que avaliaram 71 ensaios com 16 genótipos em cada ambiente e testaram seis métodos de avaliação da análise de adaptabilidade e estabilidade, com o intuito de verificar a presença de correspondência nas metodologias. Os autores não encontraram correlações significativas entre os parâmetros da metodologia de regressão linear bissegmentada, proposta por Cruz et al. (1989), e a metodologia não paramétrica, proposta por Lin e Binns (1988).

Polizel et al. (2013) avaliaram sete metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade, dentre elas as duas metodologias mencionadas. Classificaram todos os genótipos em cada metodologia e feitas as correlações simples de Pearson entre as metodologias. Os autores puderam observar que a metodologia proposta por Lin e Binns (1988) e a regressão bissegmentada proposta por Cruz et al. (1989) são complementares, sendo recomendável o uso de ambas para a avaliação e recomendação de cultivares.

Tabela 9 – Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelos métodos propostos por Cruz; Torres e Vencovsky (1989) e Lin e Binns (1988) para a variável produtividade, na região centro-norte do estado do Paraná, na safra 2017/18.

Genótipo	Pi (+)	Pi (-)	β_1	$\beta_1 + \beta_2$
BRS 388 RR	239511.60	141580.40	1.07	2.03
NS 4823 RR	305090.00	180594.60	1.02	-0.80
BRS 1010 IPRO	275447.90	51334.48	0.96	1.63
TMG 7062 IPRO	96654.15	21545.84	1.09	-0.45
TMG 7063 IPRO	606044.70	393410.70	0.88	3.35
M 5947 IPRO	101370.30	79840.59	1.10	0.84
M 6410 IPRO	52864.09	73715.72	1.10	0.73
SYN 1561 IPRO	517776.40	214193.30	1.05	1.29
SYN 1163 RR	72335.66	314940.10	1.11	0.16
NA 5909 RG	333527.40	24961.72	0.92	1.84
BMX POTÊNCIA RR	140920.90	225781.80	0.93	0.22
63I64 IPRO GARRA	545013.20	5301.74	0.77	1.15

Pi(+) e Pi(-) são parâmetros referentes a metodologia proposta por Lin e Bins (1988), e β_1 e $\beta_1 + \beta_2$ à metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989).

Tabela 10 – Estimativas de coeficientes de correlação de Pearson para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos por 12 genótipos em 4 ensaios de soja, na região centro-norte do estado do Paraná, na safra 2017/18.

	Pi (+)	Pi (-)	β_1	$\beta_1 + \beta_2$
Pi (+)	1	0.22	-0.71*	0.60*
Pi (-)		1	0.07	0.23
β_1			1	-0.41
$\beta_1 + \beta_2$				1

Pi(+) e Pi(-) são parâmetros referentes a metodologia proposta por Lin e Bins (1988), e β_1 e $\beta_1 + \beta_2$ à metodologia proposta por Cruz; Torres e Vencovsky (1989). *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de Student

Quando comparadas, a cultivar NS 4823 RR, considerada um limite do comportamento para seleção, e a cultivar BRS 1010 IPRO, selecionada para recomendação com corroboração das metodologias, na Figura 1 podemos observar que em ambientes restritivos o comportamento é semelhante e que a cultivar NS 4823 RR apresentou médias superiores a cultivar BRS 1010 IPRO, mas foi nos ambientes favoráveis que o comportamento foi contrastante. A cultivar BRS 1010 IPRO respondeu a melhoria dos ambientes, enquanto que a cultivar NS 4823 RR teve um decréscimo na produção.

Mas, se compararmos a cultivar BRS 1010 IPRO com a cultivar TMG 7062 IPRO, que teve os maiores valores para produtividade, podemos observar na Figura 2, que em ambientes restritivos o comportamento se repete ao discutido anteriormente, e, quanto aos ambientes favoráveis, o comportamento também é similar, diferindo pelos valores produtivos atingidos nesse ambiente e pela menor diferença atingida pela cultivar TMG 7062 IPRO, com relação a cultivar NS 4823 RR (Figura 3). Ressaltando que a classificação dos ambientes não ocorre devido à aptidão agrícola, e sim, ao desempenho dos genótipos testados nos ambientes avaliados.

As variáveis avaliadas têm comportamento distinto nos diferentes ambientes, ou seja, não há homogeneidade, quando avaliadas em condições climáticas heterogêneas, como as expostas. Esse comportamento torna necessário às empresas de melhoramento manterem um elevado número de ambientes em análise de genótipos, a fim de reduzir a interferência causada pelas interações genótipos x ambientes. Para isso, objetiva-se ampliar a abrangência dos dados da interação e, assim, reduzir, mesmo que parcialmente, esses problemas na seleção de genótipos superiores e recomendação de cultivares.

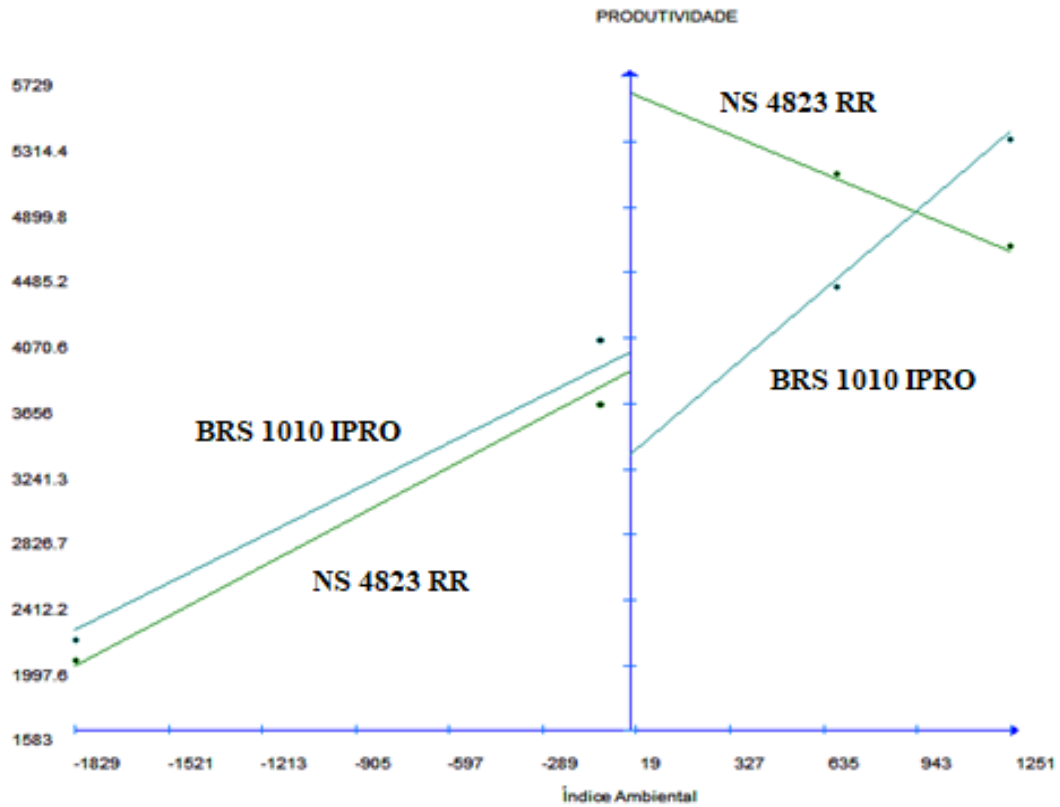


Figura 1 – Gráfico de comportamento das cultivares NS 4823 RR e BRS 1010 IPRO, utilizando dados da metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) para produtividade, onde as linhas verdes representam a cultivar NS 4823 RR e as linhas azuis a cultivar BRS 1010 IPRO.

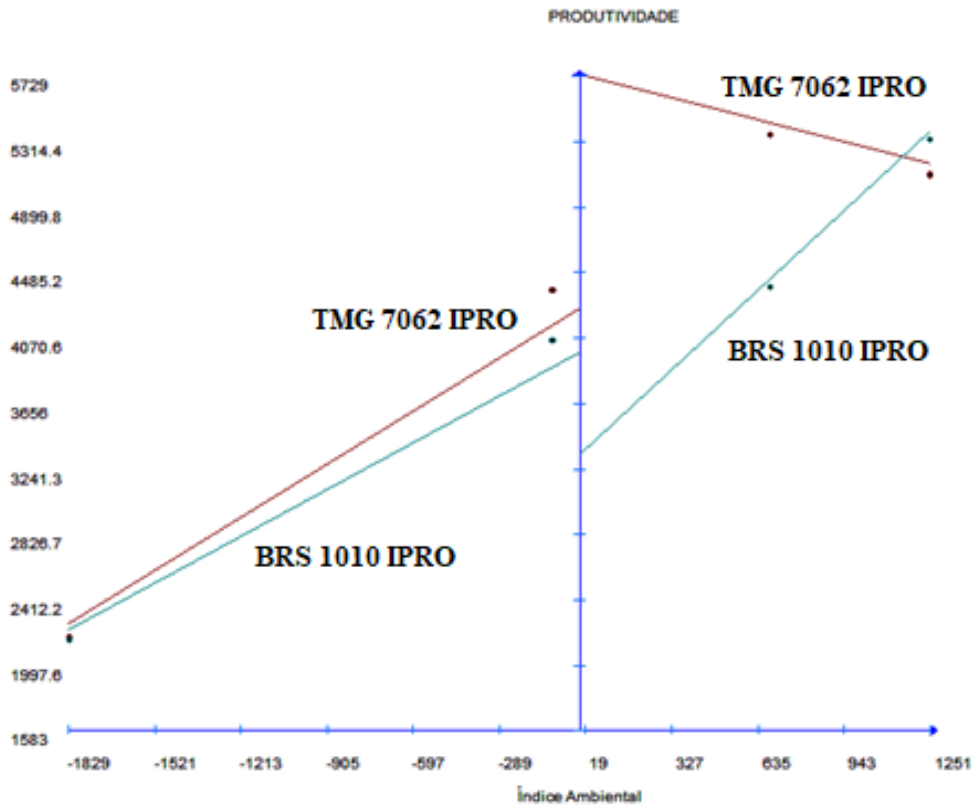


Figura 2 – Gráfico de comportamento das cultivares BRS 1010 IPRO e TMG 7062 IPRO, utilizando dados da metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) para produtividade, onde as linhas marrons representam a cultivar TMG 7062 IPRO e as linhas azuis a cultivar BRS 1010 IPRO.

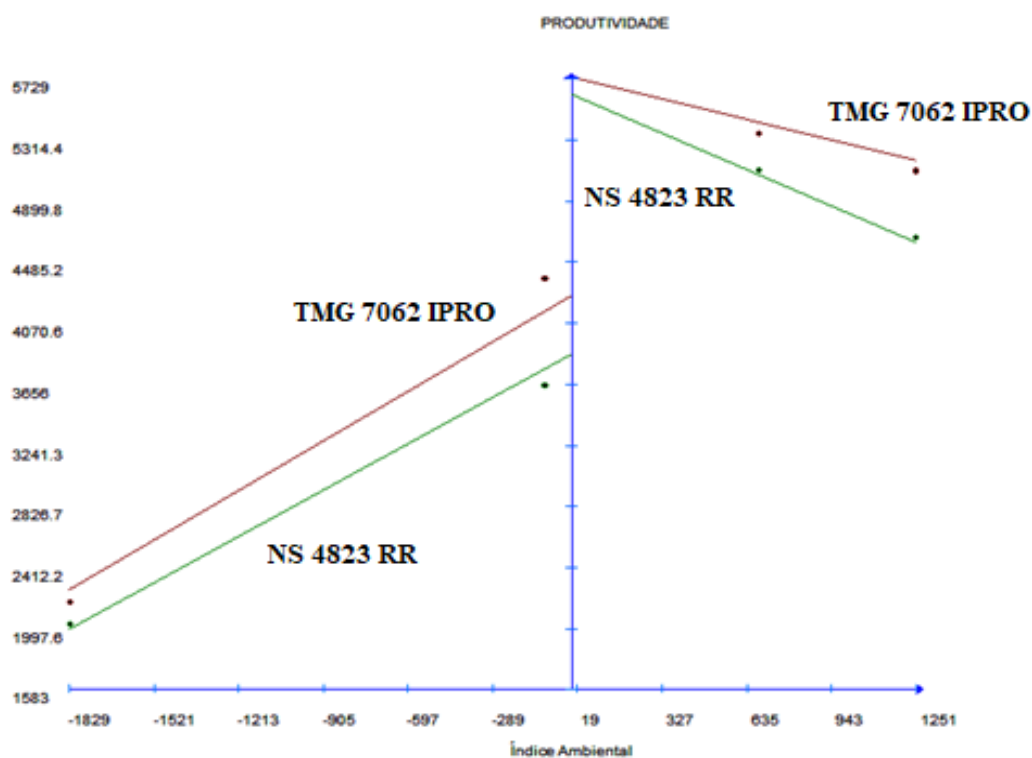


Figura 3 – Gráfico de comportamento das cultivares NS 4823 RR e TMG 7062 IPRO, utilizando dados da metodologia proposta por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) para produtividade, onde as linhas marrons representam a cultivar TMG 7062 IPRO e as linhas verdes a cultivar NS 4823 RR.

4. CONCLUSÃO

O uso da metodologia proposta por Lin e Binns (1988) e a proposta por Cruz et al. (1989), quando utilizadas em conjunto, podem tornar a seleção de cultivares mais confiável, já que no caso deste trabalho apresentaram uma boa correlação, o que concretamente revela o melhor local para uma possível recomendação.

As variáveis avaliadas possuem comportamento diferente nos diversos ambientes. Não há homogeneidade, quando avaliada em condições climáticas heterogêneas.

A cultivar BRS 1010 IPRO apresentou comportamento promissor para o Norte do estado do Paraná, uma vez que esteve entre os melhores genótipos classificados pelo índice de seleção clássico e também teve destaque nas duas metodologias utilizadas na análise de adaptabilidade e estabilidade.

5. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BACKES, R. L., ELIAS, H. T., HEMP, S., & NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 27, n. 2, 2005.
- BARROS, H. B., SEDIYAMA, T., TEIXEIRA, C. R., FIDELIS, R. R., CRUZ, C. D., & REIS, M. S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. *Ceres*, v. 57, n. 3, 2015.
- BHERING, S. B., SANTOS, H. G., BOGNOLA, I. A., CÚRCIO, G. R., CARVALHO JUNIOR, W. D., CHAGAS, C. D. S., MANZATTO C. V., ÁGLIO, M. L. D., & SILVA, J. D. S. Mapa de solos do Estado do Paraná, legenda atualizada. In: Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios: anais. [Viçosa, MG]: SBCS; Fortaleza: UFC, 2009., 2008.
- BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- CARDOSO, C. O., FARIA, R. T. D., & FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina-PR, utilizando o modelo *ceres-maize*. *Engenharia Agrícola*, v.24, p.291-300, 2004.
- CARVALHO, E. R., REZENDE, P. D., OGOSHI, F. G. A., BOTREL, E. P., ALCANTARA, H. D., & SANTOS, J. P. Desempenho de cultivares de soja [Glycine Max (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 4, p. 892-899, 2010.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim de acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 5, n. 7 (safra 2017/18- nono levantamento, junho 2018).
- CORDEIRO JÚNIOR, P. S., FINOTO, E. L., BÁRBARO-TORNELI, I. M., MARTINS, M. H., SOARES, M. B., BOLONHEZI, D., & MARTINS, A. L. M. Desempenho

- agronômico de cultivares de soja para a região centro norte paulista, safra 2016/17. *Nucleus*, Araçatuba, p.59-66, 14 jul. 2017. Edição Especial.
- COSTA, M. M., MAURO, A. O., TREVISOLI, S. H. U., ARRIEL, N. H. C., BÁRBARO, I. M., & MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.
- CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. 1990. 188p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1990.
- CRUZ, C. D., CARNEIRO, P. C. S. & REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 2014, v. 2, 668 p.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. & CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 2012, v. 1, 514 p.
- CRUZ, C. D., TORRES, R. A. & VENCOVSKY, V. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, v. 12, n. 3, p. 567-580, 1989.
- CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2011). Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa.
- FERNANDES JÚNIOR, A. R., ANDRADE, J. A. D. C., SANTOS, P. C. D., HOFFMANN, H. P., CHAPOLA, R. G., CARNEIRO, M. S., & CURSI, D. E. Adaptabilidade e estabilidade de clones de cana-de-açúcar. *Bragantia*, p. 208-216, 2013.
- GARBUGLIO, D. D., GERAGE, A. C., DE ARAÚJO, P. M., JUNIOR, N. D. S. F., & SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 2, p. 183-191, 2007.
- IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina: *Instituto Agrônomo do Paraná*, 1987.

- INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. Sistemas de informações hidrológica. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioVazoesFluviometricas.do?action=carregarInterfaceInicial>. Acesso em: 11 de novembro 2018.
- KIIHL, R. A. S. Choice of cultivars. In: Tropical Soybean: improvement and production. E. Kueneman (ed). FAO - *Plant Production and Protection Series*, No. 27. Rome, Italy. 1994. p. 111-113.
- LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *JASA*, v. 62, p. 399-402, 1967.
- LIN, C. S. & BINNS, M. R. A method of analyzing cultivar x location x year experiment: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 76, n. 3, p. 425-430, 1988.
- MARTINS, I. S., CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., & PIRES, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. 2003.
- MIRANDA, Z. D. F. S., ARIAS, C. A. A., PRETE, C. E. C., KIIHL, R. A. D. S., ALMEIDA, L. A. D., TOLEDO, J. F. F. D., & DESTRO, D. Genetic characterization of ninety elite soybean cultivars using coeficiente of parentage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.363-396, 2007.
- NAVARRO JÚNIOR, H. M., & COSTA, J. A. Expressão do potencial de rendimentos de cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 37, n. 3, p. 275-479, 2002.
- PEREIRA, H. S., MELO, L. C., DEL PELOSO, M. J., FARIA, L. D., COSTA, J. D., DÍAZ, J. L. C., RAVA, C. A., & WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009.
- PERINI, L. J., DA SILVA FONSECA JÚNIOR, N., DESTRO, D., & CAVENAGHI PRETE, C. E. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, p.2531-2544, 2012.

- GOMES, F. P. & GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.
- 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, 2013.
- PRADO, E. E., HIROMOTO, D. M., GODINHO, V. D. P. C., UTUMI, M. M., & RAMALHO, A. R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 4, p. 625-635, 2001.
- ROCHA, M. M. *Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica*. Piracicaba, 2002. 173f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002.
- Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - SEAB. DERAL. *Soja - Análise da Conjuntura Agropecuária* – Novembro 2016. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Soja_2016_17.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2018.
- SEDIYAMA, T., SILVA, F. & BORÉM, A. Soja: do plantio à colheita. Universidade Federal de Viçosa, MG, p. 45,2015.
- SIMAO, E. D. P., RESENDE, A. V., GONTIJO NETO, M. M., BORGHI, E., & VANIN, A. Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 17, n. 1, p.76-90, 2017.
- STEEL, R. G., & TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: (No. Ed. 2). McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, 1980.
- TEIXIDÓ, B. J. N. *Rendimento de cultivares de milho e soja em diferentes zonas agroclimáticas do paraguai*. 2013. 60 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- ZANON, A. J., WINCK, J. E.M., STRECK, N. A., ROCHA, T. S. M., CERA, J. C., RICHTER, G. L., LAGO, I., SANTOS, P. M., MACIEL, L. R., GUEDES, J. V. C., & MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas.

ZIMMERMANN, F. J. P. *Estatística aplicada à pesquisa agrícola* (2nd ed.). Brasília, DF. Embrapa, 2014.

Capítulo II

POTENCIAL FISIOLÓGICO DETERMINADO COM O AUXÍLIO DA DENSIDADE DA SEMENTE

RESUMO

Altas produtividades da cultura da soja estão associadas a diversos fatores, dentre eles, o uso de sementes de elevada qualidade é essencial para o estabelecimento do estande adequado e desenvolvimento inicial das plântulas em campo. Para a análise de sementes, muitos testes já são padronizados, embora a fim de aprimorar os resultados de qualidade, novos testes devem ser aprimorados e incorporados às análises de rotina de laboratórios. A análise da densidade da semente é considerada um teste de vigor, mas ainda pouco utilizada de maneira rotineira. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi testar e selecionar metodologias para determinar a densidade da semente e investigar o uso potencial desta variável para selecionar genótipos superiores, quanto aos aspectos fisiológicos e bioquímicos da semente. O experimento foi delineado em blocos completos ao acaso, em quatro locais: Maringá, Floresta, Cambé e Apucarana, com quatro repetições, na safra agrícola de 2017/2018. Foram utilizadas doze cultivares de soja, totalizando 48 unidades experimentais por local e um total de 192 parcelas no experimento. Os testes foram realizados no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Maringá. As variáveis resposta avaliadas foram: primeira contagem da germinação, germinação, envelhecimento acelerado, teor de proteína, teor de óleo e quatro metodologias distintas para mensurar a densidade da semente. As os volumes e a densidades da semente foram avaliadas por meio de correlação de Pearson. Os testes comumente utilizados na avaliação da qualidade fisiológica e bioquímica das sementes foram relacionados com a densidade da semente, por meio da análise de trilha. As cultivares foram selecionadas por meio do índice de seleção clássico. Os resultados indicaram que o uso de software de imagens pode ser utilizado para mensurar a densidade da semente, e que essa variável pode ser utilizada em análises de qualidade de sementes.

PALAVRAS-CHAVE: análise de trilha, índice de seleção, qualidade da semente, correlação.

ABSTRACT

High yields of soybean crop are associated with several factors, among them, the use of high quality seeds is essential for the establishment of adequate shelf and initial development of field seedlings. For seed analysis, many tests are already standardized, although in order to improve quality results, new tests must be improved and incorporated into routine lab analyzes. The analysis of seed density is considered a vigor test, but still rarely used routinely. In this sense, the objective of this work was to test and select methodologies to determine the density of the seed and to investigate the potential use of this variable to select superior genotypes for the physiological and biochemical aspects of the seed. The experiment was drawn in complete blocks at random, in four places: Maringá, Floresta, Cambé and Apucarana, with four replications, in the agricultural crop of 2017/2018. Twelve soybean cultivars were used, totaling 48 experimental units per site and a total of 192 plots in the experiment. The tests were carried out in the seed laboratory of the State University of Maringá. The response variables evaluated were: first counting of germination, germination, accelerated aging, protein content, oil content and four different methodologies to measure seed density. Seed volumes and densities were evaluated by Pearson's correlation. The tests commonly used to evaluate the physiological and biochemical quality of the seeds were related to the seed density, through track analysis. The cultivars were selected using the classical selection index. The results indicated that the use of image software can be used to measure seed density, and that this variable can be used in seed quality analyzes.

Keywords: track analysis, selection index, seed quality, correlation.

1. INTRODUÇÃO

A soja é a cultura de maior importância em produção extensiva no Brasil. Na safra atual (2018/19) deve ocupar cerca de 36,1 milhões de hectares, projeção de 2% a mais que na safra 2017/18. O aumento da área produzida contribui para o aumento esperado de, aproximadamente, 3 milhões de toneladas de grãos (Conab, 2018), mas, associada a isso estão as condições climáticas, práticas de manejo e o uso de sementes de melhor qualidade (Marcos Filho, 2015).

A semente é o principal insumo para produção no campo e utilizar sementes com baixos padrões de qualidade pode comprometer a produção (Costa et al., 2001), uma vez que o estabelecimento do número de plantas desejado por área depende e está diretamente relacionado com o vigor das sementes.

A emergência de plântulas normais sob diferentes condições ambientais, de maneira rápida e uniforme, determinam o vigor da semente. Tendo isso em vista, alguns testes são necessários para indicar o desempenho das sementes, sob as variações ambientais reinantes e, assim, obter dados fidedignos referentes ao vigor das sementes. Alguns testes já estão consolidados e são utilizados rotineiramente em laboratórios de análise de semente, mas existem muitos outros que ainda podem ser explorados, como é o caso da densidade da semente (Marcos Filho, 2015).

Diversos pesquisadores acreditam que a densidade pode estar relacionada à qualidade da semente. Essa qualidade possui atributos genéticos, físicos, fisiológicos, químicos e sanitários, o que lhe confere a garantia de um elevado desempenho agrônomico (França-Neto e Henning, 1984). Segundo Krzyzanowski et al. (1993), a qualidade da semente de soja está associada a constituição genética; portanto, são fatores inerentes a cada genótipo.

Os pioneiros em trabalhos com densidade da semente foram Hartwig e Collins (1962), que relacionaram esta variável com aspectos químicos da semente, como o teor de óleo e proteína. Estes autores observaram que densidades mais altas configuravam teor de proteína elevado; em contrapartida, baixas densidades apresentavam progênies com maior teor de óleo. Pizzinatto et al. (1991) avaliaram aspectos fisiológicos e observaram a influência da densidade da semente de algodão sobre a sua qualidade e sanidade, bem como sobre a planta resultante, e encontraram que sementes mais densas apresentaram melhor qualidade física e fisiológica.

A hipótese dessa pesquisa baseia-se na necessidade de identificar metodologias eficientes e práticas para análise da densidade da semente e na existência de relação dessa

variável com os demais testes de avaliação da qualidade fisiológica e bioquímica da semente de soja. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi testar e selecionar metodologias para mensurar a densidade da semente de soja, além de investigar o potencial de uso dessa variável para determinar e selecionar genótipos superiores, quanto à qualidade fisiológica e bioquímica das sementes, em diferentes ambientes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em quatro locais distintos:

- Unidade de Difusão de Tecnologia (UDT) da Cooperativa Agroindustrial de Maringá (COCAMAR), no município de Floresta - PR, situada a uma latitude de 23°35' sul e longitude de 52°04' oeste, com altitude média de 395 m. A semeadura foi realizada no dia 03 de novembro de 2017. O solo dessa área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado como subtropical úmido mesotérmico - Cfa (Alvares et al., 2013), caracterizado pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e tendência de concentração de chuvas no período de verão (Iapar, 1987). A adubação realizada na semeadura foi de 190 kg de fosfato monoamônico (MAP) A precipitação observada foi de cerca de 873,7 mm, com 68,1 mm nos quinze dias que antecederam a colheita (Instituto de águas do Paraná, 2018).

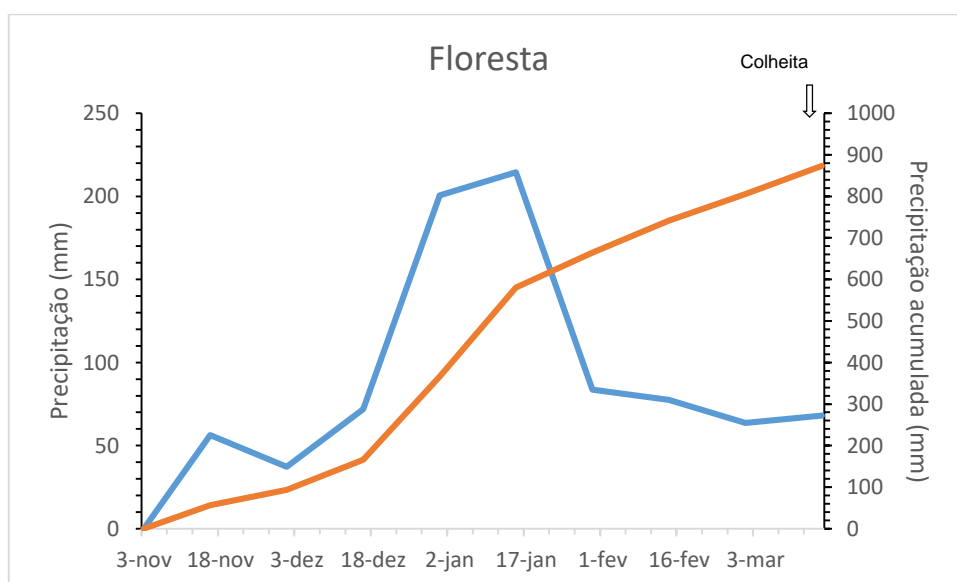


Figura 1 - Precipitação pluviométrica do período em que o experimento esteve instalado no município de Floresta - PR.

- Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI-UEM), no município de Maringá – PR, situada a uma latitude de 23°02' sul e longitude de 52°04' a oeste, com altitude média de 509 m. A semeadura foi realizada no dia 25 de outubro de 2017. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho eutroférico de textura arenosa (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado predominantemente como Cfa (Alvares et al., 2013). A adubação realizada na semeadura foi de 370 kg de NPK 01-20-20. A precipitação observada foi de cerca de 937,4 mm, com 106,9 mm nos quinze dias que antecederam a colheita (Instituto de águas do Paraná, 2018).

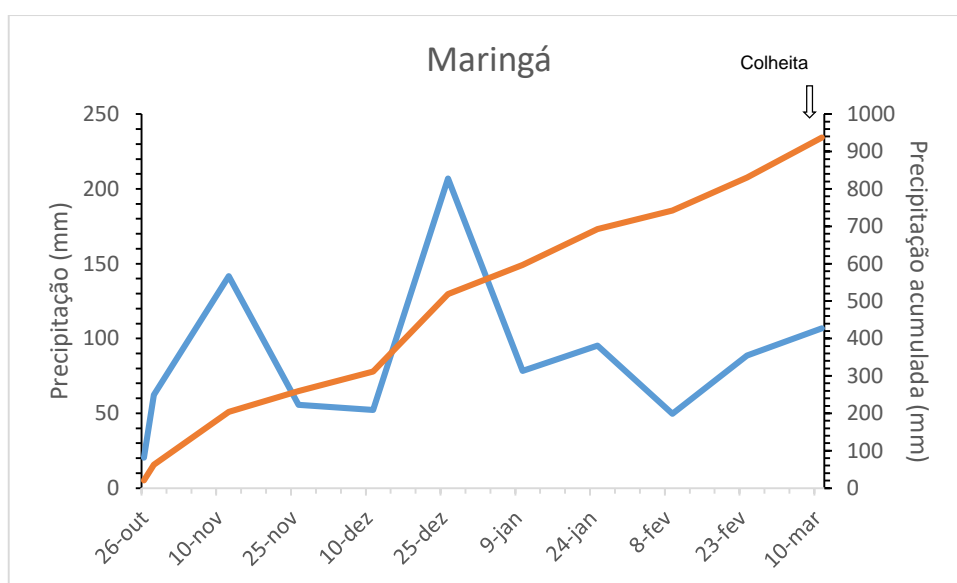


Figura 2 - Precipitação pluviométrica do período em que o experimento esteve instalado no município de Maringá - PR.

- Centro de pesquisa em soja, localizado no município de Cambé - PR, situado a uma latitude de 23°15' sul e longitude de 51°14' a oeste, com altitude média de 650 m. A semeadura foi realizada no dia 03 de novembro de 2017. O solo da região foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado como Cfa (Alvares et al., 2013). A adubação realizada na semeadura foi de 400 kg de NPK 01-20-20. A precipitação observada foi de cerca de 1040,3 mm, com 86,6 mm nos quinze dias que antecederam a colheita (Instituto de águas do Paraná, 2018).

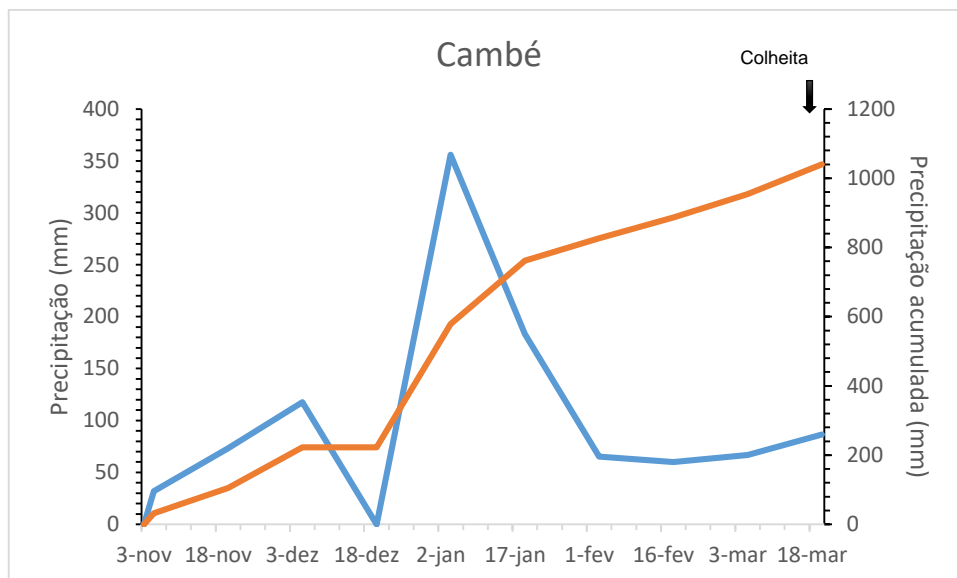


Figura 3 - Precipitação pluviométrica do período em que o experimento esteve instalado no município de Cambé - PR.

- Fazenda Cortês, localizada no município de Apucarana – PR, situado a uma latitude de 23°33' sul e longitude de 51°22' oeste, com latitude média de 764 m. A semeadura foi realizada no dia 21 de outubro de 2017. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Bhering & Santos, 2008) e o clima classificado como Cfa (Alvares et al., 2013). A adubação de semeadura foi de 225 kg de NP 08-39-00 com 9% de enxofre e 130 kg de KCl após a emergência. A precipitação observada foi de cerca de 987,8 mm, com 54,1 mm nos quinze dias que antecederam a colheita (Instituto de águas do Paraná, 2018).

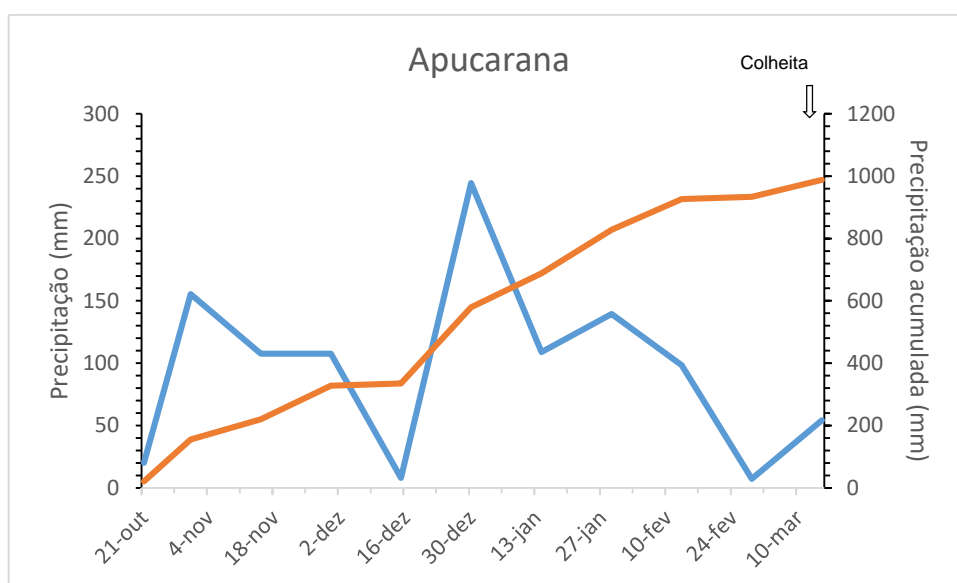


Figura 4 - Precipitação pluviométrica do período em que o experimento esteve instalado no município de Apucarana - PR.

As sementes dos quatro ambientes foram inoculadas com 100 mL 50 kg⁻¹ de sementes do inoculante comercial a base Semia 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) e Semia 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*), na concentração de 5x10⁹ rizóbios por mL do produto.

Foram utilizadas 12 cultivares de soja (Tabela 1) e cada parcela foi constituída de 6 linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m, totalizando 13,5 m² e uma área útil de 5,4 m². A densidade de semeadura foi de 15 plantas por metro. O delineamento utilizado foi o de blocos completos com tratamentos casualizados, com quatro repetições, os tratos culturais foram conduzidos segundo as necessidades da cultura da soja para essa região (Embrapa, 2013).

Tabela 1- Cultivares de soja utilizadas com seus respectivos grupos de maturação, tipo de crescimento e a viabilidade (Viab) das sementes utilizadas na semeadura do experimento dada pelo teste de Tetrazólio (%).

Cultivares	Grupo de Maturação	Tipo de crescimento	Viab
BRS 388 RR	6.4	I	95
NS 4823 RR	4.8	I	100
BRS 1010 IPRO	6.1	I	90
TMG 7062 IPRO	6.2	SD	95
TMG 7063 IPRO	6.3	I	98
M 5947 IPRO	5.9	I	91
M 6410 IPRO	6.4	I	86
SYN 1561 IPRO	6.1	I	97
SYN 1163 RR	6.3	I	94
NA 5909 RG	6.2	I	93
BMX POTÊNCIA RR	6.7	I	98
63I64 IPRO GARRA	6.3	I	100

I – Indeterminado e SD – Semi Determinado.

As variáveis resposta avaliadas foram as seguintes:

Massa de mil grãos (MMG): determinada pela pesagem de 8 subamostras de 100 grãos para cada repetição de campo, com auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Em seguida, os resultados foram multiplicados por 10, de acordo com Brasil

(2009). Também, se avaliou o peso hectolítrico (PHE), que corresponde à massa de 100 litros de soja expresso em kg hl^{-1} , obtido por meio do aparelho Medidor de Umidade Portátil de Grãos, marca AGROLOGIC, Modelo AL-101 (Brasil, 2009).

Densidade da semente: para sua determinação foram utilizadas quatro metodologias, com critérios para mensuração do volume diferentes. O peso foi corrigido para a base úmida de 13%, e foi utilizada a equação abaixo:

$$d = \frac{m}{v}$$

Em que:

d: densidade;

m: massa;

v: volume.

a) Deslocamento de água: esse método consiste em imergir uma determinada quantidade de sementes em uma proveta graduada contendo água, fazendo assim que ocorra um deslocamento dessa água, o que possibilita estimar o volume do objeto, que nesse caso são as sementes. Foram utilizadas 100 sementes para fazer o teste e para cada parcela foram realizadas três replicatas (Dutta et al., 1988).

b) Software de imagem (Análise de soja): é um método de análise de imagem, no qual os contornos das sementes são reconhecidos e é feita uma contagem do número de marcações, que corresponde ao número de sementes utilizadas na amostra. Os valores de volume são obtidos utilizando uma marcação de tamanho de 1 mm^2 na folha cujo o uso é obrigatório na obtenção da imagem para possibilitar os calculados de parâmetros de forma. Para adquirir os valores de densidade, a área foi relacionada com o volume.

c) Copo de volume conhecido: foi utilizado um recipiente cilíndrico de volume de $160,85 \text{ cm}^3$, que, quando preenchido, o conteúdo foi nivelado e compactado, por meio de três batidas do recipiente em superfície rígida. Em seguida, foi feita a pesagem do mesmo (Krzyzanowski, 2016). O volume foi adquirido para análise posterior foi obtido utilizando os dados de peso de mil sementes para obter o número de sementes estimado no recipiente.

d) Paquímetro: foi utilizado o paquímetro digital, com resolução de $0,01 \text{ mm}$ e realizadas medidas nas dimensões da soja, conforme ilustrado na Figura 5, segundo metodologia descrita por Araújo et al. (2014). Essa metodologia foi considerada como o padrão, e o volume foi obtido por meio da seguinte equação:

$$V = \frac{4}{3} \pi abc$$

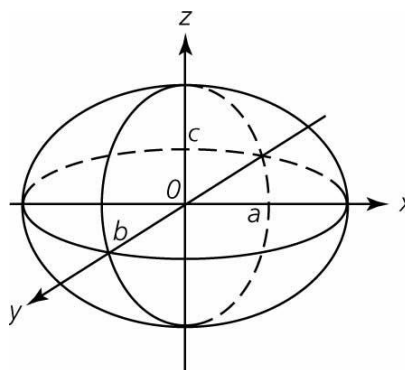
Em que:

V : volume;

a : comprimento;

b : largura,

c : espessura.



Academy Artworks

Figura 5 - Desenho esquemático da semente de soja, considerada elipsóide, com dimensões características (Oliveira, 2018).

A Qualidade da semente foi determinada pelos testes descritos a seguir:

Teste de germinação: conduzido com quatro subamostras de 50 sementes, para cada repetição. As sementes foram colocadas para germinar entre três folhas de papel “Germitest”, umedecidas com água destilada, utilizando-se a proporção de 2,5 vezes o peso do substrato seco. Foram confeccionados rolos e levados para germinar em germinador do tipo Mangelsdorf, regulado para manter uma temperatura constante de, aproximadamente, 25°C. A porcentagem de plântulas normais foi avaliada primeiramente no quinto dia (indicativo do vigor) e, posteriormente, no oitavo dia, após o início do teste, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Teste de envelhecimento acelerado: conduzido com quatro subamostras de 50 sementes por repetição, as quais foram dispostas sobre tela de aço inox, inserida no interior de caixas plásticas do tipo gerbox, contendo 40 mL de água (Krzyzanowski et al., 1991). Essas caixas foram levadas a uma câmara jaquetada de água (“water jacked incubator”) modelo 3015, marca VWR/USA, a temperatura de 41° C por 24 horas (Marcos Filho, 1999). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente. A avaliação foi realizada no quinto dia após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem. O conteúdo de água

das sementes foi avaliado antes e após o período de envelhecimento, por meio do método padrão de estufa, a 105°C, por 24 horas (Brasil, 2009).

Teor de óleo e proteína: As análises foram realizadas através da técnica de espectrofotometria de infravermelho próximo, com auxílio do equipamento NIR®, como descrito por Pasquini (2003). Foram avaliadas quatro replicatas provenientes de amostras de todos os tratamentos e repetições de campo. Os resultados foram expressos em porcentagem de proteína e óleo extraído.

Todos os dados das variáveis analisadas foram submetidos a análise dos pressupostos básicos da estatística pelos testes Lilliefors (Lilliefors, 1967) e Bartlett (Steel e Torrie, 1980) ($p < 0,05$). Os ambientes foram considerados aleatórios e os genótipos como fixos. Em seguida, quando atendidos os pressupostos os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (tratamentos qualitativos) e os resultados obtidos nos quatro locais foram analisados e comparados por meio de análise conjunta (Zimmermann, 2014). Além disso, na análise conjunta, as relações de quadrado médio maiores que 7 foram ajustadas (Gomes e Garcia, 2002). Posteriormente, foi realizada a análise de correlação entre as metodologias para determinar a densidade da semente e selecionada aquela mais útil em programas de seleção.

Com o intuito de verificar se o teste de densidade da semente realmente pode ser utilizado como indicativo de qualidade da semente, os dados foram submetidos a uma análise de trilha. Essa análise possibilita o entendimento das causas envolvidas nas associações entre caracteres, além de decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, por meio de uma variável principal, densidade de semente, mensurada pela metodologia selecionada, e as variáveis explicativas, que foram os demais testes realizados nesse experimento, e que já se encontram consolidados na análise de qualidade da semente. Finalmente, foi realizado o índice de seleção clássico para selecionar cultivares com maior qualidade, nos quatro ambientes. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa Genes (Cruz, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

i) Metodologia de determinação do volume da semente

Os dados da variável analisada, as metodologias de mensuração do volume e os dados de densidade obtidos através desses métodos, atenderam aos pressupostos básicos da análise variância, pelos testes de Lilliefors e Bartlett ($p > 0,05$). Dessa maneira, para

verificar o grau de similaridade dos dados obtidos para cada metodologia, referente ao volume da semente e também a densidade da semente, foi aplicado o teste de correlação de Pearson, os resultados foram classificados segundo Gonçalves et al. (2018) e metodologia do paquímetro foi considerada como base de comparação nas análises.

Pode-se observar que o uso da metodologia, que utiliza um volume conhecido, apontou correlação significativa, apresentando mesmo sentido e de intensidade muito forte com a metodologia do deslocamento de coluna de água (0,9365), e além disso, também apresentou correlação forte (0,8401) com a metodologia utilizada como base, mensuração com o uso do paquímetro. Com base nas metodologias avaliadas, o menor valor de correlação encontrado foi 0,4333 que compreende a relação entre a metodologia do volume conhecido e a que utiliza o software de imagens, mas que é classificada como correlação de intensidade moderada (Tabela 2).

Já com relação a densidade, quando utilizada essa metodologia para mensurar o volume não foi observada significância com a densidade obtida através do paquímetro e pelo programa, mas com o deslocamento de água a correlação foi significativa e de intensidade moderada (Tabela 3). Esse comportamento pode ser explicado pela presença de espaços vazios no recipiente utilizado, cujo efeito é acarretado pela diferença no tamanho das sementes de cultivar para cultivar. Dessa maneira, há um efeito que mascara os resultados. Atualmente, Krzyzanowski (2016) utilizou essa metodologia para atribuir valores a densidade da semente, em trabalhos desenvolvidos pela Embrapa Soja.

Para volume a correlação entre o software e o uso do paquímetro, (0,5078) e o software e o deslocamento de água (0,479) apresentaram comportamento semelhante com correlação de intensidade moderada. Quando comparados os dados de densidade o paquímetro correlacionou significativamente com o programa, mas de fraca intensidade (0,1957). Já a relação da densidade obtida entre a metodologia de volume conhecido e o software não foi significativa (Tabela 3). Guedes et al. (2011), avaliaram a morfologia de sementes de soja, utilizaram três metodologias para mensurar as dimensões físicas, dentre elas o paquímetro e uma análise de imagem, por meio de scanner, e observaram compatibilidade dos dados, o que torna a análise de imagem viável. O uso de análises computadorizadas, em geral, podem ser promissoras devido à maior agilidade nas avaliações e a redução de gastos. Existe a possibilidade do software ser anexado a bases computadorizadas, seja na colhedora ou, até mesmo, em equipamentos laboratoriais. Assim, obter dados referentes ao volume de sementes de um grande volume de amostras, em tempo reduzido, com baixa necessidade de trabalho humano, será possível.

A metodologia baseada na determinação do volume, por meio do deslocamento de água correlacionou com o uso do paquímetro (0,856), classificada como de alta intensidade (Tabela 2). Para a densidade da semente não apresentou diferença significativa (Tabela 3). A inviabilidade do uso dessa metodologia está associada à sua incorporação como teste de rotina em programas de pesquisa de grande extensão, uma vez que essa prática pode onerar as atividades financeiramente, bem como pelo tempo despendido. Essa metodologia também foi adotada por Coelho et al. (2004), onde as sementes foram alocadas em quatro classes, determinadas por faixas de peso e, posteriormente, obtidos os volumes mediante o deslocamento de água em proveta graduada.

Tabela 2 – Correlação de Pearson entre as quatro metodologias utilizadas para mensurar o volume da semente.

	Desl. Água	Vol. Conhecido	Software	Paquímetro
Desl. Água	1	0,9365**	0,4799**	0,856**
Vol. Conhecido		1	0,4333	0,8401**
Software			1	0,5078*
Paquímetro				1

Desl.= Deslocamento; Vol.= Volume.

A escolha da metodologia a ser utilizada depende da disponibilidade de mão de obra e também do recurso disponível para essa análise, mas o uso de um volume conhecido pode ser uma opção para substituir o paquímetro que despende menor tempo e mão de obra.

Tabela 3 – Correlação de Pearson entre as quatro metodologias utilizadas para mensurar densidade da semente.

	Desl. Água	Vol. Conhecido	Software	Paquímetro
Desl. Água	1	0,5674**	0,0704 ^{ns}	0,1069 ^{ns}
Vol. Conhecido		1	0,0229 ^{ns}	-0,0372 ^{ns}
Software			1	0,1957**
Paquímetro				1

Desl.= Deslocamento; Vol.= Volume.

A escolha da metodologia a ser utilizada depende da disponibilidade de mão de obra e também do recurso disponível para essa análise, mas o uso de um volume conhecido

pode ser uma opção para substituir o paquímetro que despense menor tempo e mão de obra.

ii) Análise de variância

Os dados atenderam aos pressupostos básicos da estatística ($p < 0,05$). Foram observados efeitos significativos para cultivares, locais e a interação cultivares x locais, para todas as variáveis resposta, com exceções na primeira contagem, germinação e densidade para cultivares (Tabela 4). Esses resultados foram comparados pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados densidade da semente utilizados foram aqueles cujo volume foi mensurado através do paquímetro, considerado como base.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta (quadrados médios) para as variáveis primeira contagem da germinação (1^aC), germinação (Ger), envelhecimento acelerado (EA), proteína, óleo e densidade da semente (Dens), nos diferentes locais avaliados, no ano agrícola de 2017/18.

FV	GL	1 ^a C	Ger	EA	Proteína	Óleo	Dens
TRATAMENTOS	11	1830.74 ns	1239.87ns	1478.10*	14.63**	3.02**	0,00138 ^{ns}
AMBIENTES	3	5403.10**	2742.55**	2396.52**	41.46**	19.94**	0,00613**
TRATxAMB	33	923.35**	684.81**	695.89**	2.92**	0.73**	0,00128**
TRAT/AMB 1	11	381.59	216.63	541.4697	4.28699	1.30588	0,00023
TRAT/AMB 2	11	1190.4	988.72	763.44792	8.53329	1.55815	0,00345
TRAT/AMB 3	11	659.58	146.38	468.36174	3.43813	0.69398	0,00087
TRAT/AMB 4	11	2369.23	1942.56	1792.47869	7.14067	1.65588	0,0067
RESÍDUO	141	98.35	50.87	77.69	1.20	0.46	0,0006
MÉDIA		60.86	79.59	73.12	36.03	20.33	1.20

GL – Graus de Liberdade, FV – Fonte de variação. * significativo a 1% pelo teste F.

A diferença entre os ambientes, para todas as variáveis analisadas, pode estar associada às condições edafoclimáticas intrínsecas a cada local. No geral, no município de Apucarana foram produzidas sementes de melhor qualidade, quando comparado aos demais locais (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10). A altitude dos ambientes pode ter influenciado, uma vez que Apucarana encontra-se a uma altitude de cerca de 369 m a mais que Floresta. França Neto et al. (1994) afirmam que a produção de sementes de elevada qualidade pode ser mais propícia se o local apresentar altitude superior a 700 m e baixos índices de precipitação próximo à colheita. Gomes et al. (2012) avaliaram três ambientes contrastantes para regime pluviométrico e altitude. Estes autores observaram que

sementes com melhor qualidade fisiológica foram produzidas em maior altitude e baixa precipitação. Isso ocorre, principalmente, pelo fato de que na presença de temperaturas amenas o desenvolvimento de patógenos é reduzido.

O regime pluviométrico está associado à perda de qualidade, especialmente quando há concentrações próximas a colheita. Nesse sentido, foi registrado nos quinze dias que antecederam a colheita, para o município de Apucarana, 54,1 mm, que foi o menor registro de precipitação, enquanto que o município de Maringá registrou, aproximadamente, 106,9 mm, seguido pelos municípios de Cambé e Floresta, com precipitações de 86,6 e 68,1, respectivamente. Castro et al. (2016) avaliaram a qualidade fisiológica das sementes produzidas com presença de chuva artificial na pré-colheita e observaram que houve um aumento na porcentagem de danos causados pela umidade nas diferentes épocas de colheita. Os danos causados pela presença de chuvas, no período pré-colheita da soja, estão associados ao aumento de rachaduras e enrugamento do tegumento. Esses danos aumentam a deterioração da semente, em razão da maior predisposição para penetração de patógenos e maior exposição do tecido embrionário ao ambiente (Marcandalli et al., 2011).

Tabela 5 - Médias obtidas no teste de primeira contagem da germinação (%) das sementes de doze cultivares de soja para o fator ambiente.

Cultivares	Apucarana	Maringá	Cambé	Floresta
BRS 388 RR	79.25 A	58.00 BC	71.88 AB	52.75 C
NS 4823 RR	50.00 A	10.88 B	63.38 A	66.33 A
BRS 1010 IPRO	74.83 A	64.75 AB	55.38 BC	41.25 C
TMG 7062 IPRO	78.50 A	62.50 AB	35.25 C	51.38 BC
TMG 7063 IPRO	79.17 A	67.00 A	34.38 B	69.67 A
M 5947 IPRO	86.50 A	60.13 B	59.50 B	14.50 C
M 6410 IPRO	85.38 A	74.50 A	66.75 A	70.88 A
SYN 1561 IPRO	73.25 A	55.33 A	60.75 A	32.13 B
SYN 1163 RR	69.50 A	41.13 B	46.00 B	3.75 C
NA 5909 RG	74.88 A	71.38 A	59.00 A	69.13
BMX POTÊNCIA RR	85.63 A	70.50 A	74.50 A	75.33 A
63I64 IPRO GARRA	78.00 A	59.50 A	61.38 A	75.63 A

Médias seguidas pelas mesmas letras na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de significância.

Tabela 6 - Médias obtidas no teste de germinação (%) das sementes de doze cultivares de soja para o fator ambiente.

Cultivares	Apucarana	Maringá	Cambé	Floresta
BRS 388 RR	90.38 A	79.13 A	87.50 A	77.00 A
NS 4823 RR	67.00 B	33.63 C	86.38 A	80.33 AB
BRS 1010 IPRO	89.67 A	84.50 AB	75.00 B	60.38 C
TMG 7062 IPRO	90.50 A	85.38 AB	69.63 C	72.25 BC
TMG 7063 IPRO	90.29 A	91.63 A	76.50 B	83.83 AB
M 5947 IPRO	94.63 A	83.50 A	83.50 A	43.88 B
M 6410 IPRO	93.63 A	89.75 A	83.00 A	85.50 A
SYN 1561 IPRO	86.63 A	80.17 A	78.63 A	57.63 B
SYN 1163 RR	84.50 A	66.75 B	76.13 AB	16.13 C
NA 5909 RG	87.50 A	85.88 A	82.88 A	85.75 A
BMX POTÊNCIA RR	94.25 A	88.75 A	91.00 A	88.50 A
63I64 IPRO GARRA	90.63 A	79.50 A	82.63 A	88.13 A

Médias seguidas pelas mesmas letras na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de significância.

Em relação às variáveis que não apresentaram significância, a primeira contagem da germinação e o teste de germinação, os resultados do presente trabalho diferiram de Minuzzi et al. (2010), que ao avaliarem quatro cultivares de soja, em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul, observaram diferença entre as cultivares para esses testes. Braccini et al. (2003) também encontraram diferença para o teste da primeira contagem e germinação entre quinze cultivares de soja, em Viçosa - MG.

Segundo Krzyzanowski et al. (1993), fatores genéticos estão associados a qualidade da semente; nesse sentido, a similaridade das cultivares para essas variáveis pode estar associada a semelhança das bases genéticas entre elas (Miranda et al., 2007). Lara et al. (2019) avaliaram as mesmas doze cultivares nas mesmas condições desse trabalho e observaram comportamento semelhante para a produtividade de grãos de soja.

A cultivar NS 4823 RR apresentou resultados inferiores, nos municípios de Apucarana e Maringá, para o teste de envelhecimento acelerado. Apesar disso, no município de Cambé, essa mesma cultivar destacou-se, juntamente com BMX Potência RR. A NA 5909 RG foi superior as demais para este teste em Floresta, juntamente com a 63I64 GARRA IPRO e, em Maringá, juntamente com TMG 7063 IPRO, M 6410 IPRO e BMX Potência RR, e não diferiu das demais cultivares consideradas como superiores em Apucarana (Tabela 7). Minuzzi et al. (2010), ao realizarem o teste de envelhecimento

acelerado, encontraram diferenças entre as cultivares, como também observado por Braccini et al. (1999). Dessa maneira, é possível inferir que as cultivares podem responder distintamente ao teste de envelhecimento acelerado.

Tabela 7 - Médias obtidas no teste de envelhecimento acelerado (%) das sementes de soja para o fator ambiente (horizontal) e cultivares (vertical).

Cultivares	Apucarana	Maringá	Cambé	Floresta
BRS 388 RR	77.75 Aa	82.38 Aab	73.38 Aabc	78.38 Aabc
NS 4823 RR	43.13 Cb	44.13 Cc	83.25 Aa	61.5 Bcde
BRS 1010 IPRO	75.75 Aa	87.00 Aab	54.75 Bcd	54.75 Bde
TMG 7062 IPRO	77.38 ABa	85.88 Aab	51.75 Cd	67.00 BCabcd
TMG 7063 IPRO	83.00 Aa	92.50 Aa	57.88 Cbcd	78.50 Aabc
M 5947 IPRO	84.63 Aa	87.50 Aab	74.38 Aabc	41.13 Be
M 6410 IPRO	85.75 Aa	93.38 Aa	65.75 Babcd	82.75 Aab
SYN 1561 IPRO	69.88 Aa	79.67 Aab	69.63 Aabcd	63.88 Abcd
SYN 1163 RR	73.38 Aa	67.38 Ab	61.38 Abcd	14.00 Bf
NA 5909 RG	78.13 Aa	89.25 Aa	76.88 Aab	85.88 Aa
BMX POTÊNCIA RR	87.13 Aa	90.25 Aa	85.13 Aa	76.88 Aabc
63I64 IPRO GARRA	79.63 Aa	77.63 Aab	73.63 Aabc	84.75 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, a 5% de significância.

Em relação ao teor de proteína, a cultivar NS 4823 RR apresentou maior conteúdo nos municípios de Apucarana e Floresta. No município de Maringá, o maior conteúdo de proteína foi expresso pela cultivar SYN 1163 RR, ao passo que em Cambé foi a cultivar 63I64 IPRO GARRA. O menor conteúdo de proteína foi observado nas sementes da cultivar TMG 7063 IPRO, nos municípios de Apucarana, Maringá, Cambé e Floresta, juntamente com a cultivar BRS 1010 IPRO (Tabela 8). Quanto ao teor de óleo, não houve diferença entre as cultivares no município de Cambé. A cultivar TMG 7063 IPRO apresentou conteúdo superior de óleo em Apucarana e Floresta, juntamente com BRS 1010 IPRO e M 6410 IPRO. As cultivares que apresentaram menor conteúdo de óleo em Apucarana foram a NS 4823 RR, BRS 1010 IPRO e BMX Potência RR. No município de Maringá e Floresta, foram as sementes da cultivar SYN 1163 RR (Tabela 9). Nota-se que, no geral, as cultivares que apresentaram alto conteúdo de óleo, também apresentaram baixo conteúdo de proteína e a recíproca também ocorre. Esse comportamento corrobora com os resultados encontrados por Brunini et al. (2016), quando avaliaram o teor de óleo e proteína em grãos de soja de onze cultivares de soja produzidas no município de

Ituverava – SP. Além disso, também está de acordo com a correlação negativa encontrada por Moraes et al. (2006), para os teores de óleo e proteína.

Tabela 8 - Médias para obtidas no teor de proteína (%) das sementes de soja para os fatores ambiente (horizontal) e cultivares (vertical).

Cultivares	Apucarana	Maringá	Cambé	Floresta
BRS 388 RR	37.27 ABab	34.53 Cbcd	35.25 BCab	37.73 Aab
NS 4823 RR	38.78 Aa	36.42 Bab	35.46 Bab	38.92 Aa
BRS 1010 IPRO	37.54 Aab	34.53 Bbcd	34.85 Bab	34.55 Bc
TMG 7062 IPRO	36.09 Abc	33.20 Bde	35.03 ABab	35.51 Abc
TMG 7063 IPRO	34.69 Ac	31.83 Be	34.46 Ab	34.76 Ac
M 5947 IPRO	36.72 Aabc	34.70 Abcd	36.61 Aab	35.89 Abc
M 6410 IPRO	36.62 Aabc	33.83 Bcde	36.75 Aab	35.48 ABbc
SYN 1561 IPRO	36.64 Aabc	34.40 Bbcd	36.92 Aab	36.08 ABbc
SYN 1163 RR	35.92 Abc	37.28 Aa	36.39 Aab	37.00 Aabc
NA 5909 RG	37.67 Aab	36.13 Aabc	36.51 Aab	37.94 Aab
BMX POTÊNCIA RR	37.52 Aab	35.35 Babcd	36.70 ABab	37.09 ABabc
63I64 IPRO GARRA	37.09 Aabc	34.73 Babcd	37.12 Aa	36.97 Aabc

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, a 5% de significância.

Nos municípios de Apucarana e Floresta as cultivares não diferiram estatisticamente entre si para a densidade da semente. Em Maringá a cultivar SYN 1163 RR apresentou a maior média diferindo das demais e em Cambé foi a cultivar BRS 388 RR e neste mesmo município a cultivar NS 4823 RR se destacou como inferior (Tabela 10). Essa variável trata da ocupação de espaços vazios das sementes, por compostos químicos e a umidade das sementes (Bezerra et al., 2004). A proporção dos constituintes químicos pode variar, principalmente de acordo com a constituição genética, as condições ambientais do local de produção e do manejo adotado durante a produção e na pós-colheita (Carvalho e Nakagawa, 1988). Os valores para densidade da semente observados na presente pesquisa variaram de 1,0068 a 0,6148 g cm⁻³. Amplitude inferior foi observada por Krzyzanowski (2016), quando avaliou a densidade da semente no estado do Paraná e encontrou variações que vão de 0,77168 a 0,80630 g cm⁻³.

Tabela 9 - Médias obtidas no teor de óleo (%) das sementes de soja para os fatores ambiente (horizontal) e cultivares (vertical).

Cultivares	Apucarana	Maringá	Cambé	Floresta
BRS 388 RR	19.62 Aab	20.77 Abc	20.43 Aa	19.64 Aabc
NS 4823 RR	18.94 Bb	20.78 Aabc	20.61 Aa	19.12 Bbc
BRS 1010 IPRO	18.51 Bb	21.51 Aabc	21.05 Aa	20.76 Aa
TMG 7062 IPRO	19.78 Bab	21.70 Aab	20.70 Aba	20.39 Babc
TMG 7063 IPRO	20.78 Ba	22.37 Aa	20.73 Ba	20.89 Ba
M 5947 IPRO	19.86 Bab	21.17 Aabc	20.81 ABa	20.54 ABabc
M 6410 IPRO	20.04 Bab	21.56 Aabc	20.54 ABa	20.76 ABa
SYN 1561 IPRO	19.51 Aab	20.71 Abc	19.77 Aa	20.60 Aab
SYN 1163 RR	19.64 Aab	20.10 Ac	19.89 Aa	19.01 Ac
NA 5909 RG	19.86 Bab	21.64 Aabc	20.74 ABa	19.81 Babc
BMX POTÊNCIA RR	19.1 Bb	20.59 Abc	20.02 ABa	19.81 Ababc
63I64 IPRO GARRA	19.65 Aab	20.90 Aabc	20.01 Aa	20.20 Aabc

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, a 5% de significância.

Tabela 10 - Médias obtidas para a variável densidade da semente (g cm^{-3}) para os fatores ambiente (horizontal) e cultivares (vertical).

Cultivares	Apucarana	Maringá	Cambé	Floresta
BRS 388 RR	1.20 ABa	1.17 Bb	1.24 Aa	1.18 Ba
NS 4823 RR	1.21 Aa	1.19 Ab	1.18 Ab	1.17 Aa
BRS 1010 IPRO	1.20 Aa	1.21 Ab	1.22 Aab	1.17 Aa
TMG 7062 IPRO	1.21 Aa	1.18 Ab	1.20 Aab	1.18 Aa
TMG 7063 IPRO	1.21 Aa	1.17 Ab	1.19 Aab	1.21 Aa
M 5947 IPRO	1.21 Aa	1.20 Ab	1.20 Aab	1.20 Aa
M 6410 IPRO	1.22 Aa	1.16 Bb	1.20 ABab	1.18 ABa
SYN 1561 IPRO	1.22 Aa	1.18 ABb	1.20 ABab	1.16 Ba
SYN 1163 RR	1.22 Ba	1.27 Aa	1.20 Bab	1.20 Ba
NA 5909 RG	1.22 Aa	1.19 Ab	1.20 Aab	1.19 Aa
BMX POTÊNCIA RR	1.22 Aa	1.21 Ab	1.18 Aab	1.19 Aa
63I64 IPRO GARRA	1.21 Aa	1.18 Ab	1.20 Aab	1.19 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, a 5% de significância.

iii) Análise de trilha

O desempenho das cultivares para produção de sementes de qualidade, com relação a aspectos fisiológicos e bioquímicos, mediante aos locais, mostrou-se distinto, revelando diferentes cultivares com comportamento superior para cada ambiente. As interações significativas entre cultivares e locais têm sido frequentemente relatadas na literatura para a qualidade fisiológica de sementes (Krueger et al., 2013; Castro et al., 2017). A presença dessas diferenças nos possibilita estudar a variável densidade da semente, sem que haja interferência direta do desempenho da cultivar, mediante outras variáveis, o que possibilita observar como a variação da densidade procede, em relação às alterações de outras variáveis utilizadas para determinar a qualidade da semente.

A emprego da densidade da semente ainda é pouco utilizada como teste que objetiva inferir sobre a qualidade fisiológica e bioquímica da semente. Neste sentido, a análise de trilha pode auxiliar no entendimento real das relações entre as variáveis (Wright, 1921), uma vez que estima os efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de correlação fenotípica. Por isso, a densidade da semente foi utilizada como variável base, ou dependente e foi avaliada a influência de testes consolidados para a análise da qualidade das sementes de soja (independentes), tais como: germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado e teores de óleo e proteína, que já fazem parte da rotina de laboratórios de análise de sementes.

O coeficiente de determinação dessa análise revelou que 48,3% da densidade da semente é explicada pelo efeito das demais variáveis analisadas. Os efeitos totais expressam a correlação conjunta das variáveis. Nesse sentido, o teor de óleo influenciou a densidade da semente de maneira negativa, na cultura da soja (-0,439), diferentemente do teor de proteína (0,209), em que a influência foi negativa (Tabela 11). Comportamento semelhante foi observado por Sediya et al. (1993), que afirmaram que o conteúdo de proteína na semente é inversamente proporcional ao conteúdo de óleo, corroborando com Lara et al. (2018). Efeitos com dimensões próximas a 0,54 foram considerados altos por Zuffo et al. (2018), dessa maneira os efeitos foram considerados medianos.

Considerando a interpretação proposta por Singh & Chaudhary (1979), a variável teor de óleo, apesar de apresentarem coeficiente de trilha menor que o efeito da variação residual (0,719), não influenciou direta e indiretamente a densidade da semente, uma vez que foi menor que o residual (Tabela 11). Todas as variáveis apresentaram efeito direto na densidade da semente, visto que o coeficiente de trilha foi maior que o efeito da variação residual em módulo (Tabela 11). Dessa maneira, ao selecionar genótipos com

alta densidade, esses genótipos também apresentaram alto potencial para qualidade nos aspectos fisiológicos e bioquímicos da semente.

Tabela 11 - Desdobramentos das correlações fenotípicas em componentes de efeito direto e indireto das variáveis independentes primeira contagem da germinação (1ª contagem), germinação, envelhecimento acelerado (EA), teor de proteína e óleo, sobre a variável dependente densidade da semente.

VARIÁVEL => 1ªContagem		EFEITO	TOTAL	VARIÁVEL => Proteína	
Efeito direto sobre Densidade		1,001		Efeito direto sobre Densidade	-0,949
Efeito indireto via Germinação		-4,111		Efeito indireto via 1ªContagem	-0,100
Efeito indireto via EA		2,894		Efeito indireto via Germinação	1,208
Efeito indireto via Proteína		0,952		Efeito indireto via EA	-0,564
Efeito indireto via Óleo		-2,621		Efeito indireto via Óleo	0,615
			-0,383		
VARIÁVEL => Germinação				VARIÁVEL => Óleo	
Efeito direto sobre Densidade		-4,239		Efeito direto sobre Densidade	-0,776
Efeito indireto via 1ªContagem		0,971		Efeito indireto via 1ªContagem	0,338
Efeito indireto via EA		2,959		Efeito indireto via Germinação	-2,115
Efeito indireto via Proteína		0,270		Efeito indireto via EA	1,363
Efeito indireto via Óleo		-0,387		Efeito indireto via Proteína	0,751
			-0,426		
VARIÁVEL => EA					
Efeito direto sobre Densidade		3,014			
Efeito indireto via 1ªContagem		0,961			
Efeito indireto via Germinação		-4,162			
Efeito indireto via Proteína		0,178			
Efeito indireto via Óleo		-0,351			
			-0,360		

EA = envelhecimento acelerado.

iv) Índice de seleção clássico

A seleção de cultivares com maior potencial para qualidade fisiológica e bioquímica da semente pode auxiliar os melhoristas na combinação de genótipos para o desenvolvimento de novas cultivares. Para isso, utilizou-se o índice de seleção clássico, que agrupa todas as variáveis avaliadas para selecionar as cultivares mais promissoras nas condições de avaliação. Por meio da combinação linear das variáveis envolvidas, uma nova variável é estabelecida (Cruz et al., 2014). O coeficiente de variação genético correspondente a cada variável foi utilizado como peso econômico, conforme sugestão de Cruz (1990), também utilizado por Martin et al. (2003), Costa et al. (2004) e Lara et

al. (2019), por ser um parâmetro adimensional e diretamente proporcional a variância genética.

Por meio deste índice, as cultivares M 6410 IPRO, SYN 1561 IPRO, NA 5909 RG e M 5947 IPRO foram as quatro primeiras colocadas, considerando os quatro ambientes e as seis variáveis; já a cultivar NS 4823 RR foi a última colocada. Ao comparar a classificação feita pelo teste de médias, para densidade da semente, a cultivar SYN 1163 RR foi superior em Maringá, (Tabela 10).

Esses resultados corroboram com as observações da análise trilha, que evidenciaram que a densidade da semente possibilita a seleção para qualidade fisiológica e bioquímica. Nesse sentido, o uso da densidade da semente deve ser estudado como característica indireta, a fim de selecionar genótipos e locais para produção de sementes com qualidade superior em programas de melhoramento.

4. CONCLUSÃO

Existe uma tendência diferente quando comparados os volumes pelas metodologias e a densidade da semente, sendo necessário considerar a massa da semente para que os resultados obtidos estejam mais próximos do real.

O software de imagens e o deslocamento de água podem ser utilizados para medir o volume de sementes e, por meio desse e dos dados de massa, obter a densidade da semente.

A densidade da semente apresenta relação com os testes de avaliação da qualidade fisiológica e bioquímica de sementes de soja e pode ser utilizada para seleção de genótipos promissores.

A densidade da semente é uma variável que precisa de estudos mais aprofundados.

A cultivar NS 4823 RR, de maneira geral, mostrou-se inferior nos aspectos fisiológicos e bioquímicos para qualidade das sementes.

As cultivares que mais se destacaram para qualidade de semente, nos quatros locais, de maneira geral, foram M 6410 IPRO, NA 5909 RG, M 5947 IPRO e TMG 7063 IPRO.

5. REFERÊNCIAS

- ANÁLISE DE SOJA – Software de Wilian Diogo Pinto -
https://www.dropbox.com/sh/gop9ildu1cxz4h6/AAAlt_RBdS_PK7x94-Tomsaua?dl=0
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, W. D., GONELI, A. L., SOUZA, C. D., GONÇALVES, A. A., & VILHASANTI, H. C. "Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem." *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18.3 (2014): 279-286.
- BEZERRA, A. M. E., MOMENTÉ, V. G., & MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- BHERING, S. B., SANTOS, H. G., BOGNOLA, I. A., CÚRCIO, G. R., CARVALHO JUNIOR, W. D., CHAGAS, C. D. S., MANZATTO C. V., ÁGLIO, M. L. D., & SILVA, J. D. S. Mapa de solos do Estado do Paraná, legenda atualizada. In: Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios: anais. [Viçosa, MG]: SBCS; Fortaleza: UFC, 2009., 2008.
- BRACCINI, A. L., REIS, M. S., SEDIYAMA, C. S., SCAPIM, C. A., & BRACCINI, M. D. C. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(6), 1053-1066, 1999.
- BRACCINI, A. L., ALBRECHT, L. P., ÁVILA, M. R., SCAPIM, C. A., BIO, F. E. I., & SCHUAB, S. R. P. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- BRUNINI, M. A., BARROS, M. A. L., PEREIRA, M., CERQUEIRA, J. B., MENEZES, P. T. R., & FURTADO, I. R. Qualidade de grãos de onze cultivares de soja. *Nucleus Animalium*, v. 8, n. 2, p. 55-62, 2016.
- CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 424 p, 1988.
- CASTRO, D. G., BRUZI, A. T., ZAMBIAZZI, E. V., REZENDE, P. M. D., ZUFFO, A. M., SALES, A. P. D., SOARES, I. O., BORGES, I. M. M., & BIANCHI, M. C. Qualidade fisiológica e expressão enzimática de sementes de soja RR®. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n. 1, p. 222-225, 2017.
- CASTRO, E. M., OLIVEIRA, J. A., LIMA, A. E., SANTOS, H. O., & BARBOSA, J. I. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a chuva artificial na pré colheita. *Journal of Seed Science*, v. 38, n. 1, 2016.
- COELHO, D. K., SEVERINO, L. S., & CARDOSO, G. D. *Caracterização do volume, densidade, germinação e crescimento inicial de sementes de mamona em diferentes faixas de peso*. In I Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos vegetais e biodiesel (p. 38), 2004.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim de acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 5, n. 7 (safra 2017/18- nono levantamento, junho 2018).
- COSTA, N. D., MESQUITA, C. D. M., MAURINA, A. C., FRANÇA NETO, J. D. B., PEREIRA, J. E., BORDINGNON, J. R., KRZYZANOWSKI, F. C., & HENNING, A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.
- COSTA, M. M., MAURO, A. O., TREVISOLI, S. H. U., ARRIEL, N. H. C., BÁRBARO, I. M., & MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.

- CRUZ, C.D. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. 1990. 188p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.
- CRUZ, C. D., CARNEIRO, P. C. S. & REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 2014, v. 2, 668 p.
- CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- DUTTA, S. K., NEMA, V. K., & BHARDWAJ, R. K. Physical properties of gram. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 39, n. 4, p. 259-268, 1988.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja-Região Central do Brasil-2014. Londrina, 2013.
- FRANCA-NETO, J. B., HENNING, A. A., & KRZYZANOWSKI, F. C. Seed production and technology for the tropics. In:EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). *Tropical soybean: improvement and production*. Rome: FAO, p. 217-240. (FAO. Plant Production and Protection Series, 27). 1994
- FRANÇA-NETO, J. B., & HENNING, A. A. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. 39p. (*Circular Técnica*, 9) 1984.
- GOMES, F. P. & GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.
- GOMES, G. D. R., BENIN, G., ROSINHA, R. C., GALVAN, D., PAGLIOSA, E. S., PINNOW, C., SILVA, C. L., & BECHE, E. Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja em diferentes ambientes de cultivo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 1, 2012.
- GONÇALVES, N. R., CICERO, S. M. & ABUD, H. F.. Seedling image analysis and traditional tests to evaluate onion seed vigor. *Journal of Seed Science*, v. 39, n. 3, p. 216-223, 2017.
- GUEDES, M. A., MATA, M. E. R. M. C., DUARTE, M. E. M., & FARIAS, P. A. Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de

imagens. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 13, n. 3, p. 279-294, 2011.

HARTWIG, E. E., & COLLINS, F. I. Evolutions of density classification as a selection technique in breeding soybeans for protein or oil. *Crop Science*, Madison, v. 2, p. 159-162, 1962.

IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina: *Instituto Agronômico do Paraná*, 1987.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. Sistemas de informações hidrológica. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sihweb/gerarRelatorioVazoesFluviometricas.do?action=carregarInterfaceInicial>. Acesso em 11 de novembro 2018.

KRUEGER, K., GOGGI, A. S., MALLARINO, A. P., & MULLEN, R. E. Phosphorus and potassium fertilization effects on soybean seed quality and composition. *Crop Science*, v. 53, n. 2, p. 602-610, 2013.

KRZYZANOWSKI, F. C. Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - safra 2014/2015: Características físicas da semente: dano mecânico não aparente, densidade e peso de 1000 sementes. *Documento 378* - Embrapa, Londrina, p.49-59, nov. 2016.

KRZYZANOWSKI, F. C., & FRANÇA-NETO, J. D. B., e HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. *Informativo Abrates*, (ALICE). v. 1, n. 2, p. 15-50, 1991.

KRZYZANOWSKI, F.C.; GILIOLI, J.L., & MIRANDA, L.C. Produção de sementes nos cerrados. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Eds.). *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: Potafos, 1993, p.465-522.

LARA, L. M., ESPER NETO, M., CHILANTE, G. F., INOUE, T. T., BRACCINI, A. L., & BATISTA, M. A. Quality of Soybean Seeds Cultivated on Different Potassium Fertilization Management. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 11, 2018.

LARA, L. M., ESPER NETO, M., ZENI NETO, H., BRACCINI, A. L., ANGHINONI, F. B., SANTOS, R. F., LIMA, L. H. S., & GARCIA, A. Methods of Soybean Genotypes Selection in Paraná State, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 2, 2019.

- LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *JASA*, v. 62, p. 399-402, 1967.
- MARCANDALLI, L. H., LAZARINI, E., & MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 2, p. 241-250, 2011.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*, FEALQ, Piracicaba, ed.1.,2015.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D., & FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: *Abrates*, 1999b. Cap. 3, p. 1-24.
- MARTINS, I. S., CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., & PIRES, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. 2003.
- MINUZZI, A., BRACCINI, A. D. L., RANGEL, M. A. S., SCAPIM, C. A., BARBOSA, M. C., & ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul. *Embrapa Agropecuária Oeste-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)*, 2010.
- MIRANDA, Z. D. F. S., ARIAS, C. A. A., PRETE, C. E. C., KIIHL, R. A. D. S., ALMEIDA, L. A. D., TOLEDO, J. F. F. D., & DESTRO, D. Genetic characterization of ninety elite soybean cultivars using coefficient of parentage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.363-396, 2007.
- MORAES, R. M. A., JOSÉ, I. C., RAMOS, F. G., BARROS, E. G., & MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 5, p.725-729, maio 2006.
- OLIVEIRA, R. M. Aulas de Geodesia. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAABJTsAD/aulas-geodesia>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of the Brazilian chemical society*, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.
- PIZZINATTO, M. A., OTÁVIO, J., & MENTEN, M. Relação entre densidade e qualidade de sementes de algodoeiro. *Bragantia*, v. 50, n. 2, p. 269-289, 1991.

- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S., & GOMES, J.L.L. *Cultura da Soja, Parte I*. UFV, Minas Gerais, 97p. 1993.
- SINGH, R. K., & CHAUDHARY, B. D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. *Biometrical methods in quantitative genetic analysis.*, 1979.
- STEEL, R. G., & TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. New York: (No. Ed. 2). McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, 1980
- WRIGHT, S. *Correlation and causation*. *Journal of Agricultural Research*, 20(7), 557-585, 1921.
- ZIMMERMANN, F. J. P. *Estatística aplicada à pesquisa agrícola* (2nd ed.). Brasília, DF. Embrapa, 2014.
- ZUFFO, A. M., RIBEIRO, A. B. M., BRUZI, A. T., ZAMBIAZZI, E. V., & FONSECA, W. L. Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. *Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas*, v. 27, n. 1, p. 78-90, 2018.

CONCLUSÕES GERAIS

Foi identificado comportamento promissor para a cultivar NA 5909 RG, uma vez que apresentou comportamento ideal para produção e também se destacou para qualidade da semente.

A cultivar 4823 RR apresentou comportamento mediano, e foi considerada o limite de seleção das cultivares avaliadas pela performance de suas plasticidades fenotípicas nos ambientes avaliados. Além de ser considerada inferior nas avaliações de qualidade da semente.

As metodologias de análise de volume da semente com intuito de obter dados de densidade devem considerar a massa da semente para que os resultados obtidos estejam mais próximos do real.