



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

**ANÁLISES MULTIVARIADAS DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE SOJA TRANSGÊNICAS E CONVENCIONAIS**

Aluno: Lucas de Souza Dias

Orientadora: Prof. Dra. Tathiana Elisa Masetto

Dourados – MS
2020

LUCAS DE SOUZA DIAS

**ANÁLISES MULTIVARIADAS DO POTENCIAL FISIOLÓGICO
DE SEMENTES DE SOJA TRANSGÊNICAS E CONVENCIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

Prof^ª. Dr^ª Tathiana Elisa Masetto
(Orientadora)

Prof^ª. Dr^ª. Taciane Finatto
(1^º Examinador)

M^ª Priscila Carvalho da Silva
(2^º Examinador)

Dourados, 24 de agosto de 2020

Sumário

1. Introdução	5
2. Revisão bibliográfica	7
2.1. Produção de soja	7
2.2. Potencial fisiológico de sementes	9
2.3. Análise multivariada	12
3. Materiais e métodos	16
3.1 Teste de Germinação	16
3.2 Massa fresca e seca da parte aérea e raiz	17
3.3 Massa seca da parte aérea e raiz	17
3.4 Envelhecimento acelerado	17
3.5. Análise multivariada	17
4. Resultados e discussão	17
5. Conclusão	25
6. Referências	27

Lista de tabelas

Tabela 1. Relação entre os genótipos transgênicos e convencionais utilizados no experimento	15
Tabela 2. Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para os testes de avaliação da qualidade de sementes ¹ de 14 linhagens de soja.....	18
Tabela 3. Resultados de Plântulas normais (PN, %), Plântulas anormais (PA, %), Sementes mortas (SM, %), Envelhecimento acelerado (EA, %), Comprimento da parte aérea (CPA, cm), Comprimento da raiz (CRA, cm), Massa úmida da raiz (MRA, mg. plântula ⁻¹), Massa úmida da parte aérea (MPA, mg plântula ⁻¹), Massa seca da parte aérea (MSPA, mg. plântula ⁻¹), Massa seca da raiz (MSRA, mg plântula ⁻¹) de sementes de 14 cultivares de soja.....	19
Tabela 4. Estimativas das variâncias individuais e acumuladas das variáveis canônicas, visando a estimar a dissimilaridade genética entre 14 genótipos de soja.....	20

Lista de figuras

Figura 1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre os 14 genótipos de soja utilizados no experimento (Tabela 4), obtidos pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis como medida de dissimilaridade22

Figura 2. Dispersão gráfica 2d de 14 genótipos de soja transgênicos e convencionais (Tabela 4), estabelecidos pela combinação linear de dez variáveis relacionadas ao potencial fisiológico da semente (Tabela 4)23

RESUMO

A análise multivariada é um conjunto de técnicas estatísticas que analisam simultaneamente múltiplas variáveis, sendo amplamente utilizadas em programas de melhoramento genético de plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de técnicas multivariadas, o potencial fisiológico de 14 genótipos de soja, dentre os quais 9 genótipos transgênicos e 5 convencionais, visando o agrupamento dos genótipos conforme as similaridades observadas em testes de germinação e vigor de sementes. Os resultados dos métodos de agrupamento da UPGMA e variáveis canônicas foram convergentes entre si e estabeleceram cinco grupos distintos. Os genótipos SW ATRIA RR, SW BRIZA RR e BRS 1001 IPRO, com base nos resultados do teste de média e dos métodos de agrupamento, foram determinados como os mais promissores na obtenção de sementes de alta qualidade.

Palavras-chave: Agrupamento, *Glycine max*, UPGMA, variáveis canônicas, vigor de sementes

ABSTRACT

Multivariate analysis is a set of statistical techniques that simultaneously analyze multiple variables, being widely used in plant breeding programs. The objective of this work was to evaluate, through multivariate techniques, the physiological potential of 14 soybean genotypes, among which 9 transgenic and 5 conventional genotypes, aiming at the grouping of genotypes according to the similarities observed in germination and seed vigor tests. The results of the UPGMA grouping methods and canonical variables were convergent and established five distinct groups. The genotypes SW ATRIA RR, SW BRIZA RR and BRS 1001 IPRO, based on the results of the mean test and the grouping methods, were determined to be the most promising in obtaining high quality seeds.

Keywords: Grouping, *Glycine max*, UPGMA, canonical variables, seed vigor

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da produção de soja no país, pode ser atribuído principalmente aos avanços científicos e a disponibilização de novas tecnologias para o setor agrícola. Além disso, o desenvolvimento da cultura da soja apresenta expressiva importância econômica e promove avanço nas diversas regiões de cultivo (Roessing & Lazzaratto, 2004). Portanto, torna-se essencial a evolução contínua de métodos que auxiliam no desenvolvimento de novas cultivares, que proporcionem sementes com alta qualidade, uma vez que a semente é um fator determinante no sucesso do estabelecimento da cultura (Prando et al., 2012).

Ao longo das últimas décadas, a produção brasileira de soja apresentou um grande avanço, impulsionada não somente pelo aumento da área semeada, mas também pela aplicação de técnicas de manejo avançadas que permitiram melhorias na produtividade. Para alcançar o nível de produção atual, a pesquisa científica relacionada a programas de melhoramento de plantas, aliada a ferramentas estatísticas modernas, permitiram a análise detalhada de cultivares com elevada produtividade, assim como os diferentes tipos de ambientes e condições edafoclimáticas adequados para cada uma delas (Freitas, 2011). Nesse sentido, as análises estatísticas, como por exemplo, os métodos multivariados, podem contribuir para o estudo e a compreensão dos efeitos das variáveis de forma conjunta, relacionadas com a variância das características agronômicas, dessa forma auxiliando os programas de melhoramento na seleção de genótipos de soja de interesse.

Dentre as análises multivariadas, destacam-se o uso dos métodos de agrupamento de UPGMA, Tocher e das variáveis canônicas, com o uso da distância generalizada de Mahalanobis, como medida de dissimilaridade. As análises de agrupamento têm como finalidade reunir os genótipos em grupos, por um critério de classificação baseado na similaridade dos genótipos em relação as variáveis utilizadas no experimento, de forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (Kloster et al., 2011). Essas análises são amplamente empregadas por melhoristas de plantas pois tais métodos permitem a identificação de genótipos e progenitores mais dissimilares e promissores, para possíveis cruzamentos. (Benin et al., 2002).

Nesse contexto, os programas de melhoramento de soja visam predominantemente selecionar genótipos com características tecnológicas e agronômicas que permitam rendimentos mais elevados. Assim, as análises multivariadas, como exemplo, os métodos de agrupamento, podem auxiliar na seleção de genótipos, visando à melhoria da qualidade fisiológica de sementes, esta que é uma característica relacionada ao vigor das plantas e

estabelecimento das plantas, sendo de grande importância nos programas de melhoramento genético e elevado interesse para o setor sementeiro (Martins et al., 2016).

O objetivo deste trabalho foi analisar sementes de soja transgênicas e convencionais, com a finalidade de estimar a dissimilaridade genética entre os genótipos, em relação aos testes de germinação e vigor, visando a identificação de genótipos superiores para atuarem como possíveis progenitores em programas de melhoramento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Panorama da cultura da soja

A cultura da soja atingiu 138 anos de presença no Brasil em 2020. A exploração da oleaginosa iniciou-se no sul do país, mas atualmente já é encontrada em diversos biomas e nas mais variadas condições edafoclimáticas. Por volta dos anos 80, a soja desencadeou o desenvolvimento de uma nova civilização na região Centro-Oeste do Brasil, provocando o crescimento de regiões despovoadas e até então desvalorizadas. Portanto, a cultura da soja demonstra expressiva importância econômica para as regiões onde é cultivada e conseqüentemente para o Brasil como um todo (Horvat, 2012).

O crescimento da produção de soja no país sempre esteve associado aos avanços científicos e tecnológicos, assim como a disponibilização de novas tecnologias no setor produtivo. Ao longo das últimas décadas, a produção brasileira de soja apresentou aumento exponencial no rendimento de colheita, impulsionado não somente pelo aumento da área, mas também pela implantação da cultura da soja transgênica e a aplicação de técnicas de manejo avançadas, promovendo a modernização e aperfeiçoamento das operações de cultivo, tornando-as mais eficientes (Freitas, 2011), o que deu início a uma nova era na agricultura.

Os programas de melhoramento, nos últimos anos vem desenvolvendo novos cultivares com alta estabilidade e adaptabilidade, os quais apresentam caracteres agrônômicos desejáveis e alta produtividade de grãos para as regiões produtoras no território brasileiro (Freitas, 2011). Aliado ao sucesso da expansão e aumento da produtividade por meio do melhoramento genético clássico, pode-se destacar o uso da biotecnologia com os organismos geneticamente modificados.

A biotecnologia desenvolveu a soja transgênica, com a tecnologia RR (resistência ao glifosato), sendo que o uso das sementes geneticamente modificadas já corresponde em torno

de 92% da área total de plantio no Brasil (Cib, 2018), impulsionando elevados rendimentos da cultura, e conseqüentemente potencializando as exportações.

A soja transgênica, fruto de programas de melhoramento genético, é uma grande aliada no aumento da produtividade da soja e no sucesso da expansão da área cultivada. Os programas de melhoramento, nos últimos anos vem desenvolvendo novos cultivares com alta estabilidade e adaptabilidade, os quais apresentam caracteres agrônômicos desejáveis e alta produtividade de grãos para as regiões produtoras no território brasileiro (Freitas, 2011).

Com todos esses mecanismos modernos desenvolvidos e aprimorados ao longo das décadas, além do vasto território apropriado para o cultivo, o Brasil alcançou o segundo lugar no ranking mundial de produção de soja, com a produção em torno de 117 milhões de toneladas do grão (USDA, 2019). Além disso, o Brasil apresenta a maior capacidade de multiplicar a atual produção, tanto pelo aumento da produtividade da soja, quanto pelo potencial de expansão da área cultivada.

Em relação aos maiores produtores de soja do Brasil, os estados que se destacam estão situados na região centro-oeste e sul do país, sendo o estado de Mato Grosso com a maior produção de 32.455 milhões de toneladas em 9.700 milhões de hectares plantados (CONAB, 2019), seguido do Rio Grande do Sul, onde a produção gira em torno de 19,187 milhões de toneladas em 5,778 milhões de hectares plantados. Em terceiro lugar se encontra o estado do Paraná, onde a produção alcançou 16,253 milhões de toneladas em 5,438 milhões de hectares plantados (CONAB, 2019).

2.2. Potencial fisiológico de sementes

Os quatro componentes básicos da qualidade de sementes: atributo genético, fisiológico, físico e sanitário, apresentam importância equivalente no desenvolvimento de uma semente. No entanto, o potencial fisiológico é o componente que mais recebe atenção das pesquisas, devido a associação consistente entre o potencial fisiológico das sementes e a emergência a campo (Pádua et al., 2010; Wendt et al., 2014).

Os resultados iniciais de rendimento da cultura obtidos a partir de sementes com elevado potencial fisiológico são mais visíveis e facilmente observados pelo produtor (Marcos Filho, 2013), portanto, esse é o principal fator de qualidade desejado pelos produtores e a sua importância atualmente já é amplamente conhecida (Koch et al., 2018). Um dos primeiros aspectos a serem observados é o desempenho da semente durante o processo de germinação e emergência. Sementes de alto vigor asseguram a germinação e a emergência das plântulas de maneira rápida e uniforme, resultando na produção de plantas de elevado desempenho em

campo e com maior potencial produtivo, pois plantas de alto desempenho apresentam taxa de crescimento maior, têm a melhor estrutura de produção, sistema radicular mais profundo e produzem maior número de vagens e de sementes, resultando em maiores produtividades (França Neto et al., 2016).

França Neto et al. (2016) concluiu em seus experimentos que o estabelecimento do estande é a base para obtenção de bom rendimento e o uso de sementes de alta qualidade assegura maiores produtividades. Sendo assim, as lavouras de soja originadas a partir de sementes de alta qualidade propiciam produtividades superiores e conseqüentemente possibilitam o estabelecimento de plantas com alto vigor.

Kolchinski et al. (2005) também observou que a utilização de sementes de alto vigor proporcionou acréscimos de 20% a 35% no rendimento de grãos, em relação ao uso de sementes de baixo vigor, e atualmente esse rendimento tende a ser ainda maior devido ao aprimoramento dos programas de melhoramento genético e do desenvolvimento de novas cultivares. Devido ao potencial fisiológico da semente ser tão importante no estabelecimento da cultura, sementes de baixo ou médio vigor possuem pouca ou nenhuma possibilidade de se estabelecerem competitivamente em campo, pois resultam em plântulas fracas (França Neto et al., 2010).

Observa-se também que, em condições de estresse, como em ambientes sujeitos a deficiência hídrica ou exposição a baixas temperaturas do solo durante a emergência, as respostas apresentadas pelas sementes podem ser variadas (Maia et al., 2007). No entanto, as lavouras originadas a partir de sementes de alta qualidade sofrem menos as conseqüências desses estresses (França Neto et al., 2016). Além disso, é importante mencionar as possíveis variações ocasionadas pela sazonalidade das chuvas, temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, incidência de patógenos e insetos-praga, ocorrência de geadas e granizo, que são imprevisíveis e podem comprometer o desempenho da semente (Carvalho et al., 2017).

Apesar de o potencial fisiológico ser o fator de qualidade que mais contribui para a adaptação da planta à adversidade ambiental, existem algumas dificuldades na identificação de quais genótipos apresentam o melhor desempenho para determinadas regiões de cultivo, já que um genótipo menos produtivo em certo ambiente pode ser o mais produtivo em outro e vice-versa, devido às diferentes condições edafoclimáticas. O fenômeno da expressão fenotípica de um caráter é decorrente das características do genótipo, do ambiente e da interação entre ambos que resulta em diferentes respostas de cada genótipo frente às variações do ambiente, afetando a produtividade de cada um de acordo com sua interação com o ambiente (Cruz et al., 2014). Conseqüentemente, em decorrência das condições de cultivo

serem diferentes em cada região, sementes de soja provenientes de diferentes cultivares e lotes podem apresentar variações quanto à composição química, o que pode afetar o potencial fisiológico das mesmas (Delarmino-Ferraresi et al., 2014; Szareski et al., 2016).

Além disso, a escolha do posicionamento das cultivares nos ambientes, a garantia de produção de sementes de alta performance, apresenta fatores que implicam o armazenamento e beneficiamento, o atendimento da exigência dos produtores e o monitoramento do potencial fisiológico das sementes durante as fases de produção (Marcos Filho, 2015 a). A germinação de sementes é rotineiramente avaliada por meio do teste de germinação, o qual avalia a capacidade das sementes de produzirem plântulas normais em condições ótimas de temperatura, umidade e substrato (Brasil, 2009).

No entanto, nem sempre o teste de germinação revela diferenças de desempenho entre os genótipos sob condições adversas após a semeadura ou durante o armazenamento, o que dificulta a seleção do genótipo propício ao ambiente desejado. Assim, os testes de vigor são recomendados por apresentarem princípios distintos de avaliação na determinação do potencial fisiológico de lotes (Marcos Filho, 2015 b), já que cada atributo de avaliação do vigor de sementes permite identificar com maior segurança os genótipos de alto e baixo nível, fornecendo informações adicionais ao teste de germinação, o que proporciona maior confiabilidade nos seus resultados (Maia et al., 2007).

O potencial fisiológico reúne informações sobre a germinação (viabilidade) e o vigor de sementes. Sua avaliação segura permite identificar lotes de sementes que possuem maior probabilidade de apresentar o desempenho desejado durante o armazenamento e em campo. Assim, somente após a emergência de plântulas no campo será possível confirmar até que ponto se manifestou o potencial fisiológico identificado em laboratório e o grau de eficiência dos procedimentos usados para sua avaliação (Marcos Filho, 2013), já que os testes em laboratório costumam ser realizados em condições ótimas de temperatura, umidade e substrato (Lima et al., 2006).

Os fatores mencionados acima evidenciam que mesmo ao apresentar elevado potencial fisiológico em laboratório, existem casos em que as condições adversas do ambiente podem ser desfavoráveis ao genótipo, o que conseqüentemente diminui o sucesso de estabelecimento do estande, dependendo do tipo de estresse em que a semente foi submetida (Marcos Filho, 2013).

Analisando todos os aspectos que estão envolvidos na qualidade da semente e seus efeitos sobre a produtividade da cultura da soja, fica nítida a importância de se utilizar

sementes de alta qualidade e de origem conhecida (França Neto et al., 2010). Além disso, é também válido enfatizar a importância de realizar com os devidos cuidados, os procedimentos de armazenamento, manejo durante a colheita e seleção do genótipo adequado para determinado ambiente, juntamente com outros fatores que antecedem a semeadura e podem afetar o potencial fisiológico da semente. Bem como o estudo e utilização de metodologias, que auxiliem na análise e identificação de genótipos superiores que agreguem caracteres de sementes com alto desempenho de germinação e vigor.

2.3. Análise multivariada

A análise multivariada pode ser definida como um conjunto de técnicas estatísticas, que permitem analisar simultaneamente múltiplas variáveis sobre os indivíduos em estudo, ou seja, trata-se de uma análise simultânea da inter-relação dos caracteres (Hair et al., 2005). Características morfofisiológicas, como, por exemplo, número de ramos por planta, comprimento de ramos e números de nós férteis, têm relação com o potencial produtivo da planta de soja (Mauad et al., 2010). Diante disso, o estudo do inter-relacionamento das variáveis, torna-se de grande importância, a fim de observar a relevância conjunta dos caracteres sobre a representação do genótipo e estimar a divergência genética contida entre os indivíduos. (Santos et al., 2011).

É importante ter conhecimento das aplicações da análise univariada, pois no caso de serem aplicadas sem o auxílio de técnicas multivariadas, o tratamento dos dados pode gerar uma análise imprecisa. Pode-se dizer que as análises univariadas fornecem bons resultados para variáveis que não se relacionam entre si, mas também podem ser aplicadas em conjunto com análises multivariadas, visando atribuir um estudo confirmatório ou complementar. Por outro lado, as análises multivariadas fornecem bons resultados para variáveis correlacionadas, e é utilizada para estudos exploratórios (Vicini e Souza, 2005).

Com a realização de seu experimento, Szareski (2018) relatou que além da possibilidade de aplicação da análise multivariada em características morfofisiológicas da planta, foi possível também aplicar em componentes básicos de qualidade da semente, como o vigor, visando ganho de acordo com o ambiente. Entender o relacionamento entre essas diversas variáveis faz desse conjunto de técnicas uma metodologia com grande potencial de aplicação.

Existem diversas técnicas multivariadas que podem ser empregadas, de acordo com o objetivo do pesquisador, sendo que cada uma delas é utilizada para tratar diferentes tipos de conjuntos de dados, com funções distintas, semelhantes ou complementares. Dentre as mais

utilizadas, pode-se citar, por exemplo, a análise de componentes principais, análise dos fatores comuns, análise de agrupamentos, a regressão múltipla e a correlação múltipla, a análise de discriminante múltipla, análise multivariada de variância e covariância e a correlação canônica (Bakke et al., 2008).

Essas técnicas multivariadas podem ser relacionadas à classificação de dados, principalmente, quando se tem uma grande quantidade de informações, e existe a necessidade de se analisar as características simultaneamente e identificar divergência genética dos indivíduos, por meio de grupos, passa a ser trabalhoso, tanto manualmente quanto para a análise univariada, (Alencar et al., 2013).

Quando se trata do estudo da divergência genética, as técnicas de agrupamentos mais utilizadas são: a análise por componentes principais, quando os dados são obtidos de experimentos sem repetições; a análise por variáveis canônicas, quando os dados são obtidos de experimentos com repetições; e os métodos de agrupamento de otimização e hierárquico, cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada (Oliveira et al., 2003).

As análises de agrupamento são realizadas com o intuito de determinar os genótipos superiores dentre os utilizados no experimento, além disso, essas análises possibilitam uma possível escolha de progenitores entre os genótipos superiores para programas de melhoramento. Diante disso, a escolha dos progenitores é efetivada a partir dos identificados como superiores em relação às características agronômicas e de interesse, e os cruzamentos considerados mais promissores são realizados entre genótipos acima da média localizados em grupos afastados, por serem mais dissimilares (Benin et al., 2012).

Quando se trabalha com um grande número de genótipos ou, por exemplo, lotes de sementes, o número de avaliações, e conseqüentemente de estimativas de dissimilaridade obtido é elevado o que dificulta o reconhecimento de grupos homogêneos, por análises e comparativos de médias individuais. (Vasconcelos et al., 2007). Portanto, o uso de métodos que agrupem os genótipos, trabalhando com os caracteres de forma simultânea, pode ser uma das melhores alternativas para análise e interpretação dos dados (Cruz & Carneiro, 2006). Diante disso, essa técnica vem sendo utilizada em diversas áreas de pesquisas que trabalham com um alto número de avaliação fenotípicas, como exemplo, em programas de melhoramento de grandes culturas, avaliação de qualidade fisiológica de sementes, entre

outros, visando, principalmente a compreensão e identificação de padrões de comportamento nos dados de observações.

Dentro da Análise de agrupamento, há inúmeros métodos de agrupamento, que se distinguem pelo tipo de resultado a ser fornecido e pelas diferentes formas de definir a proximidade entre um indivíduo e um grupo já formado, ou entre dois grupos quaisquer. Os mais utilizados são o método hierárquico (UPGMA) e o método de otimização (Tocher). Entre esses métodos, o de Tocher apresenta uma inconveniência no agrupamento dos genótipos com maior dissimilaridade: na maioria dos casos, cada genótipo forma um grupo específico (um grupo de apenas um genótipo) em decorrência deste agrupamento ser influenciado pela distância dos genótipos já agrupados. Nesse caso, como alternativa para a limitação do método de otimização Tocher, uma alternativa para aprimorar a análise seria substituir ou complementar o método de otimização Tocher através do método hierárquico (UPGMA), caso o intuito do experimento também seja analisar os agrupamentos dissimilares, e não só os similares (Vasconcelos et al., 2007).

Diante disso, é necessário estabelecer um coeficiente de mensuração que quantifique a distância entre os objetos da análise e mostre o quanto dois elementos de um conjunto são ou não similares. Dentre os critérios de proximidade utilizados como medida de dissimilaridade em uma análise de agrupamento, as métricas mais utilizadas são conhecidas como distância de Mahalanobis e a distância Euclidiana. A distância Euclidiana é mais utilizada para se avaliar a distância geométrica (física), ao qual quanto maior o valor observado, mais dissimilares serão os indivíduos de estudo, sendo necessário a padronização das medidas dados. Por outro lado, a distância de Mahalanobis é uma métrica que leva em consideração a correlação entre os conjuntos de dados, com matriz com base na variância e covariância, no qual quanto maior o valor observado, mais similares serão os indivíduos de estudos. Não tem necessidade de padronização de medidas de dados, corrigindo algumas limitações da distância Euclidiana (Linden, 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), localizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. As sementes de soja pertencentes a 14 genótipos, sendo nove cultivares transgênicos e cinco convencionais (Tabela 1), oriundos da safra 2018/2019 de diferentes locais de Mato Grosso do Sul foram utilizadas.

Tabela 1. Relação de genótipos transgênicos e convencionais utilizados no experimento.

Sementes convencionais	Sementes transgênicas
(1) SYN 1552 IPRO	(2) SYL 9070 RR
(3) BRS 1001 IPRO	(4) BMX POTÊNCIA RR
(5) 63164 RSF IPRO	(6) NA 7337 RR
(7) GM AS3730	(8) TMG 1180 RR
(11) GM MG210	(9) BMX TURBO RR
	(10) FPS JUPTERA RR
	(12) SW BRIZA RR
	(13) SW ATRIA RR
	(14) BRS 7390 RR

Após a colheita, as sementes encontravam-se com o teor de água de 13% e permaneceram armazenadas na câmara fria e seca (15 °C/ 60% UR) até o momento da análise de sementes. O potencial fisiológico das sementes foi determinado por meio dos seguintes testes e determinações:

3.1. Teste de Germinação

Foram distribuídas 50 sementes sobre duas folhas de papel germitest umedecidos com água ao equivalente a 3 vezes a massa do papel. Em seguida, as sementes foram cobertas com um terceiro papel e foram confeccionados rolos de papel, os quais foram mantidos no germinador a 25°C e luz branca constante. No oitavo dia após a semeadura, foi realizada a contagem das plântulas normais, anormais e sementes mortas, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). O teste foi conduzido com quatro repetições.

3.2. Envelhecimento acelerado

Foram adicionadas 40 mL de água destilada no fundo de caixas gerbox (11 x 11 x 3 cm), e em seguida 50 sementes foram colocadas, formando uma camada única, sobre a tela que impedia o contato das sementes com a água. As caixas foram acondicionadas em B.O.D. a 41°C por 48 horas (Marcos Filho, 1999). Decorrido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e no quinto dia foi realizada a avaliação, contando-se o número de plântulas normais (Brasil, 2009).

3.3 Comprimento de parte aérea e da raiz de plântulas

Foi conduzido em rolo de papel germitest com 20 sementes posicionadas no terço superior do papel. Os rolos com as sementes permaneceram no interior do germinador a 25 °C e luz branca constante (Brasil, 2009). Aos cinco dias após a instalação do teste, mensurou-se a parte aérea das plântulas normais, compreendida pela medida do ápice até a inserção da raiz primária. O comprimento da raiz foi determinado pela medida compreendida pela inserção até a ponta da raiz primária. As medidas foram tomadas com auxílio de régua milimetrada e os resultados foram expressos em centímetros.

3.4. Massa da matéria fresca da parte aérea e da raiz

Após a determinação dos comprimentos, as raízes e as partes aéreas das plântulas de cada genótipo foram retiradas, colocadas em sacos de papel e pesadas em balança analítica. Os resultados foram expressos em gramas.

3.5. Massa da matéria seca da parte aérea e da raiz

Os sacos de papel contendo as raízes e partes aéreas das plântulas foram acondicionadas em estufa a 65°C por 72 horas. Após, os materiais foram pesados em balança analítica para a determinação da massa da matéria seca de partes das plântulas. Os resultados foram expressos em gramas.

3.6.1 Análise univariada

As análises estatísticas univariadas, como a análise de variância e o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, foram realizadas com o programa GENES (Cruz, 2007). Análise de variância foi realizada com base no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições

3.6.2 Análise multivariada

As análises estatísticas multivariadas, como o método de agrupamento hierárquico da UPGMA e variáveis canônicas, foram realizadas com o programa GENES (Cruz, 2007). A matriz de distância utilizada em ambas análises foi a distância generalizada de Mahalanobis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise variância, verificou-se diferença estatística significativa entre os genótipos para todas as características avaliadas, indicando a presença de variabilidade a 1% de probabilidade no teste f. A germinação média de plântulas normais dos 14 genótipos foi de 89%, sendo o valor acima do padrão mínimo de 80% de germinação, que é exigido para a comercialização de sementes no Brasil (Brasil, 2009), indicando elevada qualidade dos lotes utilizados (Tabela 2)

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os testes de avaliação da qualidade de sementes¹ de 14 cultivares de soja, sendo 9 transgênicas e 5 convencionais.

FV GL	Quadrado médio										
	PN	PA	SM	EA	CPA	CRA	MFR	MFPA	MSPA	MSRA	
Genótipo	13	400**	197**	76**	968.1**	21.5**	25.7**	2.3**	55.3**	0.6**	0.02**
Resíduo	42	24.8	17.3	14.9	189.6	0.9	1.9	0.6	4.4	0.1	0.011
Média		88.8	6.71	4.46	19.5	8.60	9.62	1.27	8.77	1.09	8.67
CV (%)		5.61	62.0	86.5	70.3	11.5	14.6	62.4	24	34.1	121.3

¹Plântulas normais (PN, %), Plântulas anormais (PA, %), Sementes mortas (SM, %), Envelhecimento acelerado (EA, %), Comprimento da parte aérea (CPA, cm), Comprimento da raiz (CRA, cm), Massa úmida da raiz (MRA, mg plântula⁻¹), Massa úmida da parte aérea (MPA, mg plântula⁻¹), Massa seca da parte aérea (MSPA, mg plântula⁻¹), Massa seca da raiz (MSRA, mg plântula⁻¹). ** e * significativos a $P < 0,01$ e $P < 0,05$, respectivamente, pelo teste F, ns não significativo, pelo teste F.

Verificou-se no teste de média apresentado na (Tabela 3), que para as características plântulas normais (PN) e plântulas anormais (PA), o genótipo BRS 7390 RR (14) apresentou o menor desempenho, seguido dos genótipos GM AS3730 (7) e SW BRIZA RR (12), que foram inferiores à média total de 89% de plântulas normais (Tabela 2). Além disso, a média desses três genótipos para a variável plântulas anormais (PA) se mostrou superior a 6,71%, indicando valor acima da média para uma característica não desejada e prejudicial à plântula. Para sementes mortas (SM), os genótipos 14 e 12 apresentaram as maiores médias, sendo uma característica indesejável para a qualidade de lotes.

No teste de envelhecimento acelerado (EA), utilizado para determinar o vigor das sementes condicionadas ao estresse de alta temperatura e umidade relativa, o genótipo GM MG210 (11) apresentando a menor porcentagem de germinação em AE, resultado foi semelhante aos genótipos SYN 1552 IPRO, SYL 9070 RR, BMX POTENCIA RR, 63164 RSF IPRO, NA 7337 RR, GM AS3730, TMG 1180 RR e BRS 7390 RR, indicando um baixo potencial fisiológico. O genótipo que apresentou melhor desempenho para essa característica,

foi o SW ATRIA RR (13), ao qual foi conferida letra a apresentando germinação em EA média de 60% (Tabela 2).

O comprimento de parte aérea (CPA) foi o parâmetro de vigor que possibilitou a maior discriminação entre os genótipos, ou seja, aquela em que se obteve o maior número de grupos significativamente diferentes. O genótipo GM AS3730 obteve letra “e”, apresentando o menor comprimento da parte aérea, sendo estatisticamente igual ao ao genótipo 63164 RSF IPRO e SYL 9070; enquanto o melhor resultado foi apresentado pelo genótipo SW ATRIA RR, com o comprimento de parte aérea de 13,47 cm, evidenciando um desempenho superior para essa característica entre os genótipos analisados.

Para o comprimento de raiz (CRA), o genótipo SW ATRIA RR também se destacou apresentando as maiores médias, sendo estatisticamente semelhante aos genótipos BRS 1001 IPRO e BMX POTENCIA RR. No entanto, os genótipos GM AS3730, BRS 7390 RR e NA 7337 RR, obtiveram os menores valores para o CRA, ao qual foram iguais entre si e inferiores aos demais (Tabela 3).

Para a característica massa fresca da raiz (MRA), o genótipo SW ATRIA RR manteve-se apresentando a maior média dentre os demais, e mostrou-se estatisticamente semelhante aos genótipos BRS 1001 IPRO, TMG 1180 RR e SW BRIZA RR. Enquanto a menor média para essa característica foi obtida pelo genótipo SYN 1552 IPRO sendo caracterizado pela letra “b”, sendo estatisticamente semelhante a todos os demais genótipos com a mesma classificação.

Resultados semelhantes foram observados para a massa fresca da parte aérea (MFPA), em que o genótipo SW ATRIA RR também apresentou a maior média, sendo estatisticamente semelhante aos genótipos SW BRIZA RR e BRS 1001 IPRO. Contudo, o genótipo o SYN 1552 IPRO, continuou apresentando as menores médias também para essa característica, junto aos aos genótipos SYL 9070 RR, GM AS3730, TMG 1180 RR e BRS 7390 RR.

Para a característica massa seca da parte aérea (MSPA), o genótipo BRS 1001 IPRO apresentou a maior média, indicando uma maior eficiência de alocação de biomassa, sendo estatisticamente semelhante aos genótipos 63164 RSF IPRO, NA 7337 RR e SW BRIZA RR. O menor valor foi apresentado pelo genótipo SYN 1552 IPRO, classificado com letra “b”, sendo estatisticamente semelhante aos demais genótipos com a mesma classificação (Tabela 3).

Para a característica massa seca da raiz (MSRA), o genótipo FPS JUPTERA RR, BRS 1001 IPRO e SW ATRIA RR, apresentaram as maiores médias em relação aos demais genótipos.

Tabela 3. Plântulas normais (PN, %), Plântulas anormais (PA, %), Sementes mortas (SM, %), Envelhecimento acelerado (EA, %), Comprimento da parte aérea (CPA, cm), Comprimento da raiz (CRA, cm), Massa fresca da raiz (MFRA, mg.plântula⁻¹), Massa fresca da parte aérea (MFPA, mg.plântula⁻¹), Massa seca da parte aérea (MSPA, mg.plântula⁻¹), Massa seca da raiz (MSRA, mg.plântula⁻¹) de sementes de 14 cultivares de soja, sendo 9 delas transgênicas e 5 convencionais.

Genótipos	PN (%)	PA (%)	SM (%)	EA (%)	CPA (cm)	CRA (cm)	MFRA (g)	MFPA (g)	MSPA (g)	MSRA (g)
(1) SYN 1552 IPRO	87.5 a	6 c	6 b	4 c	7.1425 d	10.3125 b	0.3525 b	3.285 c	0.566 b	0.0315 b
(2) SYL 9070 RR	94.5 a	1 c	4 b	4 c	5.7025 e	9.2825 b	0.7425 b	5.6575 c	0.7448 b	0.0565 b
(3) BRS 1001 IPRO	93 a	4 c	3 b	27 b	9.9875 c	13.47 a	2.4675 a	14.85 a	2.0278 a	0.1893 a
(4) BMX POTENCIA RR	93 a	5 c	2 b	20 c	10.4225 c	11.96 a	1.285 b	8.6125 b	0.7908 b	0.08 b
(5) 63164 RSF IPRO	96 a	3 c	1 b	4 c	6.045 e	9.045 b	1.25 b	8.2575 b	1.5825 a	0.089 b
(6) NA	95 a	3 c	1 b	21 c	7.0925 d	6.1525 c	0.905 b	9.24 b	1.4773 a	0.061 b

7337 RR											
(7) GM AS3730	79 b	17 b	3 b	17 c	5.635 e	5.2975 c	0.38 b	6.175 c	1.1388 b	0.025 b	
(8) TMG 1180 RR	90 a	4 c	5 b	8.5 c	9.895 c	9.055 b	2.05 a	5.4075 c	0.7303 b	0.0383 b	
(9) BMX TURBO RR	89 a	5 c	5 b	27.5 b	9.0775 c	9.4225 b	0.97 b	7.8675 b	1.0478 b	0.0611 b	
(10) FPS JUPTERA RR	98 a	1 c	0 b	29 b	9.2625 c	9.3775 b	1.4775 b	10.347 b	1.127 b	0.262 a	
(11) GM MG210	93 a	3 c	3 b	1.5 c	8.5125 c	10.155 b	1.085 b	7.8725 b	0.9618 b	0.0493 b	
(12) SW BRIZA RR	75 b	9 c	16 a	30.5 b	11.3325 b	10.4575 b	1.66 a	13.792 a	1.4458 a	0.1028 b	
(13) SW ATRIA RR	96 a	4 c	0 b	60 a	13.4775 a	14.2 a	2.8225 a	15.595 a	0.983 b	0.1563 a	
(14) BRS 7390 RR	62 c	26 a	11 a	20 c	6.86 d	6.5425 c	0.4525 b	5.84 c	0.714 b	0.0168 b	

Letras iguais na mesma coluna indicam grupos estatisticamente homogêneos a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O CPA foi a variável que apresentou o maior número de formação de grupos (5 grupos), indicando que o comprimento da parte aérea foi a característica com a maior variação entre os genótipos, o que evidencia a divergência existente entre eles, uma vez que o comprimento de parte aérea pode ser considerado como um fator de qualidade da semente. De acordo com França Neto et al. (2016), maiores comprimentos nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, possivelmente resultam em maiores chances de estabelecimento do estande, que é a base para obtenção de bom rendimento e maiores produtividades.

As contribuições relativas de cada característica na qualidade da semente (germinação e vigor) podem ser observadas na análise das variáveis canônicas (Tabela 4). As características que mais contribuíram para a dissimilaridade foram: Plântulas normais (51,72%), plântulas anormais (24,24%), sementes mortas (11,29%) e envelhecimento acelerado (6,61%), totalizando 93,87 % da variância encontrada entre os genótipos avaliados, sendo essas as características mais eficientes em explicar a dissimilaridade existente entre esses genótipos.

Tabela 4. Estimativas das variâncias individuais e acumuladas das variáveis canônicas, visando a estimar a dissimilaridade genética entre 14 genótipos de soja.

Variáveis canônicas	Variância individual (%)	Variância acumulada (%)
---------------------	--------------------------	-------------------------

Plântulas normais (%) (PNO)	51,72	51,72
Plântulas anormais (%) (PAN)	24,24	75,97
Sementes mortas (%) (SM)	11,29	87,26
Envelhecimento acelerado (%) (EA)	6,61	93,87
Comprimento de parte aérea (cm) (CPA)	3,12	97
Comprimento de raiz (cm) (CRA)	1,41	98,42
Massa úmida de raiz (g) (MRA)	0,61	99,04
Massa úmida de parte aérea (g) (MPA)	0,59	99,63
Massa seca de parte aérea (g) (MSPA)	0,36	100
Massa seca de raiz (g) (MSRA)	0	100

O comprimento de parte aérea (CPA) contribuiu com apenas 3,12% da dissimilaridade (Tabela 4). Entretanto, essa característica juntamente com o comprimento de raiz que apresentou apenas 1,41% de dissimilaridade, são de importância fundamental no estabelecimento da cultura, pois são fatores de qualidade na semente, e o uso de sementes de alta qualidade assegura maiores produtividades (França Neto et al., 2016).

As variáveis Plântulas normais (PNO) e Plântulas anormais (PAN) são responsáveis por 75% da variância dos genótipos, indicando que essas características são as que mais influenciam na diferença existente entre as sementes utilizadas nesse experimento (Tabela 4); e a variância pode ser dada a partir de variáveis obtidas pelo teste padrão de germinação (Brasil, 2009).

Analisando as características que mais conferem variância aos genótipos, o aumento de plântulas normais (PNO) é um fator positivo no potencial fisiológico das sementes de soja, enquanto o aumento de plântulas anormais (PAN) é um aspecto prejudicial à qualidade da semente. Nesse sentido, embora as variáveis fossem detectadas como as que mais interferem no atributo de qualidade dos genótipos estudados, não necessariamente são características desejadas, como é o caso de plântulas anormais (PAN).

Para o método de agrupamento UPGMA o corte no dendrograma foi efetuado considerando 40% da variabilidade genética, ponto em que se observou mudança abrupta de

nível (Barros e Arte, 2003), formando 5 grupos. No gráfico da dispersão dos genótipos, elaborado com base nas duas primeiras variáveis canônicas, também foi observado a formação de cinco grupos (Figura 2).

Os grupos estabelecidos pelos métodos de agrupamento de UPGMA (Figura 1), e dispersão gráfica das variáveis canônicas (Figura 2), apresentaram características semelhantes. Desse modo, obedecendo à mesma relação de similaridade entre os genótipos, uma vez que ambos métodos foram concordantes na distribuição e obtiveram os mesmos resultados acerca dos agrupamentos, aumentando a confiabilidade dos resultados.

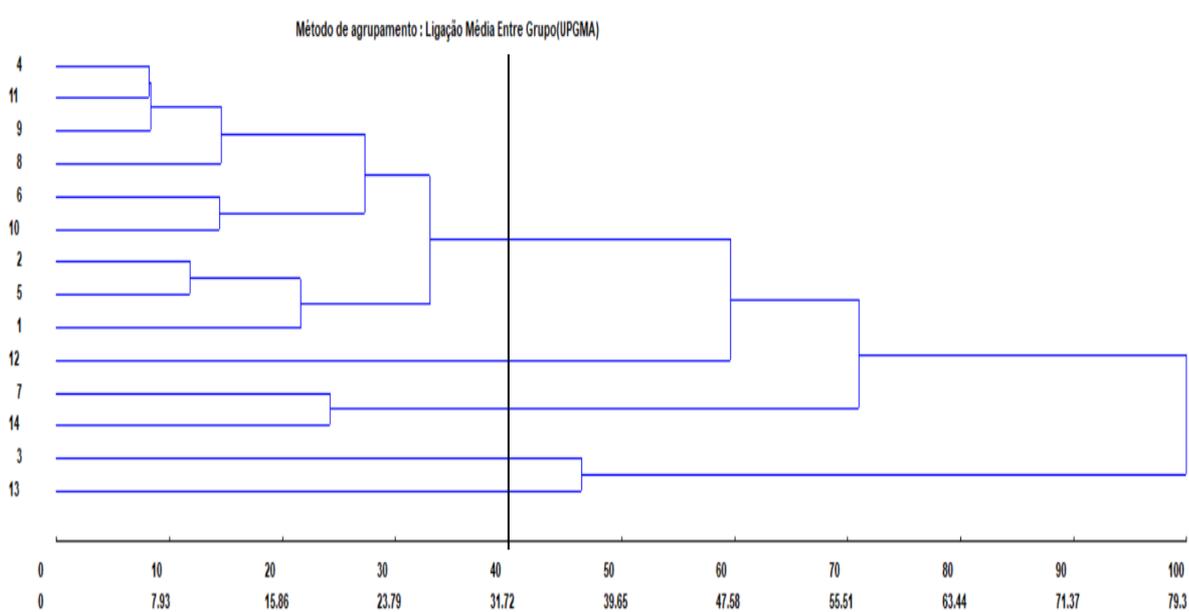


Figura 1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre os 14 genótipos de soja utilizados no experimento e obtidos pelo método de agrupamento da UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis como medida de dissimilaridade.

O Grupo I, foi composto por 9 genótipos (totalizando 64,28% dos indivíduos empregados no trabalho), contemplando tanto transgênicos, quanto convencionais, indicando a ocorrência de homogeneidade dentro do grupo em relação as características apresentadas pelos genótipos, e heterogeneidade entre os genótipos contidos nos demais (entre) grupos.

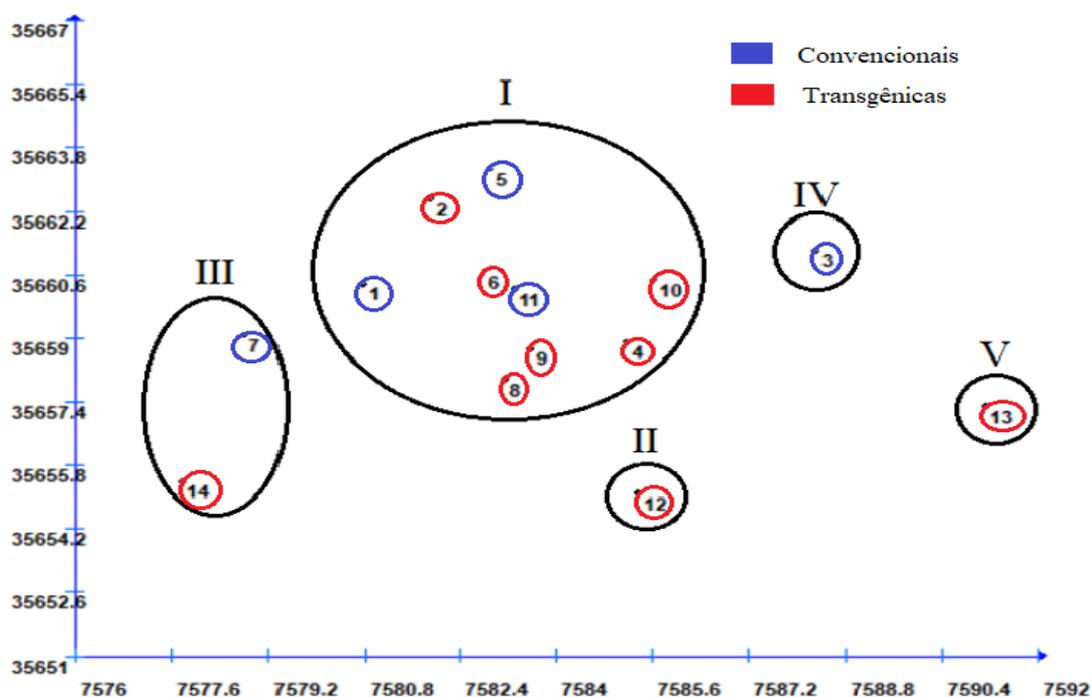


Figura 2. Dispersão gráfica 2d dos 14 genótipos de soja estabelecidos pela combinação linear das variáveis utilizadas no experimento. Os genótipos transgênicos estão destacados de vermelho e os convencionais de azul.

Os genótipos SW BRIZA RR (12) (transgênico), BRS 1001 IPRO (3) (convencional) e o SW ATRIA RR (transgênicos), foram alocados em grupos isolados (grupos II, IV e V, respectivamente), indicando serem os mais divergentes. O Grupo III foi composto por dois genótipos, sendo um transgênico e outro convencional.

A identificação e diferenciação de genótipos por meio das técnicas de agrupamentos, é importante para direcionar a escolha de genitores, em razão da variabilidade genética. Nesse sentido, recomendam-se, cruzamentos entre genótipos de grupos divergentes, mas que também apresentem desempenho superior em relação às principais características agrônômicas (Abreu et al. 2004). Nesse contexto, a análise conjunta entre a análise de comparação de médias, juntamente com os agrupamentos estabelecidos pelo método de UPGMA e das variáveis canônicas, pode auxiliar na identificação dos genótipos de soja mais promissores.

Ao analisar ambos métodos de agrupamentos multivariados, juntamente com o agrupamento de médias (Tabela 3), pode-se concluir que os três genótipos que foram isolados nos grupos II, IV e V, foram os mais divergentes geneticamente e apresentaram desempenho superiores aos demais, em relação aos testes de qualidade de semente realizados no experimento. O genótipo SW ATRIA RR (13) foi considerado o mais promissor dentre eles,

de acordo com os resultados da Tabela 3 e o agrupamento da Figura 2. Em relação aos genótipos SW BRIZA RR (12) (transgênico) e BRS 1001 IPRO (3), (convencional), não foi possível concluir que os transgênicos obtiveram resultados mais favoráveis em relação aos convencionais, de acordo com os atributos de germinação e vigor aplicados para inferir sobre a qualidade das sementes.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados das análises de agrupamento, não foi possível detectar superioridade entre os genótipos de soja transgênicos e convencionais em relação aos atributos fisiológicos de qualidade de sementes.

Os genótipos mais promissores para obtenção de sementes de alta qualidade, de acordo com o método de agrupamento da UPGMA, variáveis canônicas e agrupamento de médias, foram SW ATRIA RR e BRS 1001 IPRO. Além disso, ambos apresentaram o melhor potencial para possíveis cruzamentos.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, F.B.; Leal, N.R.; Rodrigues, R.; Amaral, J.R.A.T & Silva, D.J.H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 03, p. 547-552, 2004.

ALENCAR, B. J.; BARROSO, L. C.; ABREU J.F. Análise Multivariada de Dados no Tratamento da Informação Espacial uma Abordagem Com a Análise de Agrupamentos. **Sistemas, Cibernética e Informática** v. 10, n. 2, p. 01-07, 2013.

BAKKE, H.A.; LEITE, A.S.M; SILVA, L.B. Estatística Multivariada: Aplicação na análise fatorial na engenharia de produção. **Revista Gestão Industrial**, v. 04, n. 04, p. 01-14, 2008.

BENIN G.; CARVALHO F.I.; ASSMANN I.C.; CIGOLINI J.; CRUZ P.J.; MARCHIORO V.V.; LORENCETTI C.; SILVA J.A.G. Identificação da dissimilaridade genética entre genótipos de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo preto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 179-184, 2002.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P.; -H-UTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, p. 01-399, 2009.

CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; SOUZA, V. Q. **Melhoramento e cultivo da soja**, n. 1, 288 p, 2017.

CIB - Conselho de Informações de Biotecnologia, 2019. Soja transgênica no Brasil: o carro-chefe da agricultura e da economia. Disponível em: <<http://www.cib.org.br/soja-transgenica-no-brasil/>>. Acesso em: Maio 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Grãos, Safra 2018/2019. Quinto levantamento, Fevereiro de 2019, 2019a. Disponível em: <http://conab.gov.br>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Grãos, Safra 2018/2019. Oitavo levantamento, maio de 2019, 2019b. Disponível em: <http://conab.gov.br>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Grãos, Safra 2018/2019. Oitavo levantamento, maio de 2018. Disponível em: <http://conab.gov.br>.

CONAB - Companhia de Abastecimento Nacional. Perspectivas para a agropecuária Volume 6 – Safra 2018/2019. 2019c. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf>.

CONAB – Companhia de Abastecimento Nacional, Grãos, Safra 2019/2020. Quinto levantamento, fevereiro de 2020. Disponível em: <http://conab.gov.br>.

CRUZ, C. D. Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística. VIÇOSA, MG: **EDITORA UFV**. v. 1, n. 1, 442 p, 1997.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: **Editora UFV**, v. 3, p. 668, 2014.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: **Editora UFV**, v. 2, p. 585, 2006.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p. 01-188, 1990.

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

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera–Centro Científico Conhecer**, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

FIESP - Safra Mundial de Soja 2018/19 - 3º Levantamento do USDA. Informativo 2018. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/>>. Acesso em: Maio 2019.

FIESP - Safra Mundial de Soja 2019/20 - 2º Levantamento do USDA. Informativo Junho 2019. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/attachment/file-20190613210035-boletimsojajunho2019/>>. Acesso em: Junho 2019.

FILHO, J. M. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, Londrina v. 23, n. 1, p. 01-46, 2013.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 1, p. 37-38, 2010.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PÁDUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: **Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, v. 3, n. 380, p. 1-84, 2016.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. & BLACK, W.C. Análise multivariada de dados. Porto Alegre, **Bookman**, v. 5, n. 3, p. 593, 2005.

HORVAT, R. A. **Estudo do consumo de fertilizantes na região do mapitoba e seus reflexos na produção de soja no brasil**. Trabalho de conclusão de curso para pós-graduação em Agronegócios da Universidade Federal do Paraná, p. 01-32, 2012.

KLOSTER, G.S.; BARELLI, M.A.A.; SILVA, C.R.; NEVES, L.G.; PAIVA, S.S.; LUZ P.B. Análise da divergência genética através de caracteres morfológicos em cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 452-459, 2011.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

KOCH, F.; AISENBERG, G.R.; SZARESKI, V.J.; DEMARI, G.H.; CARVALHO, I.R.; NARDINO, M.; LAUTENCHLEGER, F.; WEBBER, T.A.; SOUZA, V.Q.; CARON, B.O.; VILLELA, F.A; AUMONDE, T.Z; PEDÓ, T. Yield and physiological quality of seeds of different bean genotypes produced in the off-season period in subtropical climate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 669-675, 2018.

LIMA, T. C.; MEDINA, P. F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2006.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v.1, n. 4 p. 18-36, 2009.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agrícola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015 b.

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. **ABRATES**, Londrina, PR, v. 2, n. 3, p. 660, 2015.

MARTINS C.C.; TREVISOLI S.H.; MÔRO, G.V.; VIEIRA, R.D. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016.

OLIVEIRA, F.J; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J; BASTOS, G.Q; REIS, O.V. Divergência genética entre cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, n. 38, p. 605-611, 2003.

PÁDUA, G.; ZITO, R.K.; ARANTES, N.E.; NETO J.B.F. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 272 – 279, 2012.

RIGO, G. A., SCHUCH, L.O.B; BARROS, W.S; VARGAS, R.L. Effects of Macronutrients in the Physiological Quality of Soybean Seeds. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 01-07, 2018.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J.J. Criação de empregos pelo complexo agroindustrial da soja. **Embrapa Soja**, v. 1, n. 3, p. 1-50, 2004.

SANTOS, E. R.; BARROS, H.B.; FERRAZ E.C.; CELLA, A.J.S. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 755-764, 2011.

SZARESKI, V. J., Carvalho, I. R., Nardino, M., Demari, G. H., Bahry, C. A., Kehl, K., Aumonde, T. Z. Phenotype stability of soybean genotypes for characters related to the physiological quality of seeds produced under different environmental conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 10, p. 279-289, 2016.

SZARESKI, V. J. **Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a produção de sementes de alta performance**. Dissertação de mestrado Universidade Federal de Pelotas, 2017.

SZARESKI, V. J. Multivariate index of soybean seed vigor: a new biometric approach applied to the effects of genotypes and environments. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 4, p. 396-406, 2018.

VASCONCELOS, E.S; CRUZ C.D; BHERING L.L; RESENDE JÚNIOR M.F.R. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

VICINI, L.; SOUZA A.M. Análise multivariada da teoria à prática. **Monografia de pós-graduação do autor**, p. 215, 2005.

WENDT, L.; GOMES JUNIOR, F. G.; ZORATO, M. F.; MOREIRA, G. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 3, p. 280-286, 2014.

ZAFAR, I., M. ARSHAD, M. ASHRAF, T. MAHMOOD AND A. WAHEED. Evaluation of soybean [Glycine max (L.) Merrill] germplasm for some important morphological traits using multivariate analyses. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 6, p. 2323-2328, 2008.