

AYZA EUGÊNIO VIANA CAMARGOS

**DIVERSIDADE FENOTÍPICA E QUALIDADE EM SEMENTES DE
CULTIVARES DE SOJA**

Botucatu

2017

AYZA EUGÊNIO VIANA CAMARGOS

**DIVERSIDADE FENOTÍPICA E QUALIDADE EM SEMENTES DE
CULTIVARES DE SOJA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agricultura.

Orientador: Dr. Maurício Dutra Zanotto

Coorientadores: Dr. Antonio Orlando Di Mauro
Dr. Fabiana Mota da Silva

Botucatu
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C173d Camargos, Ayza Eugênio Viana, 1990-
Diversidade fenotípica e qualidade em sementes de cultivares de soja / Ayza Eugênio Viana Camargos. - Botucatu: : [s.n.], 2017
66 p.: grafs., tabs.

Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017

Orientador: Maurício Dutra Zanotto

Coorientador: Antonio Orlando Di Mauro

Coorientador: Fabiana Mota da Silva

Inclui bibliografia

1. Soja - Cultivo. 2. Sementes - Qualidade. 3. Melhoramento genético. 4. Análise multivariada. I. Zanotto, Maurício Dutra. II. Mauro, Antonio Orlando Di. III. Silva, Fabiana Mota da. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. V. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DIVERSIDADE FENOTÍPICA E QUALIDADE EM SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA"

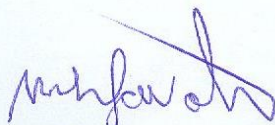
AUTORA: AYZA EUGENIO VIANA CAMARGOS

ORIENTADOR: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

COORIENTADORA: FABIANA MOTA DA SILVA

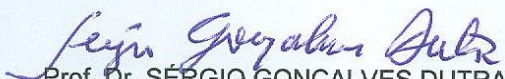
COORIENTADOR: ANTONIO ORLANDO DI MAURO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:




Prof. Dr. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu



Prof. Dr. SÉRGIO GONÇALVES DUTRA
/ Instituto Mato-Grossense do Algodão



Dra. BÁRBARA PANOFF VALÁRIO

Pós-doutoranda - Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu
- UNESP

Botucatu, 04 de julho de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda benevolência durante minha caminhada na Terra.

A minha família Aires, Terezinha, Marcelo, Luciêne, Mayza, Valdir, Alberthy, Anthony, por todas as orações e exemplos sobre como vencer os grandes desafios.

Aos familiares que sempre me apoiaram em todos os meus sonhos.

Ao Prof. Dr. Maurício Zanotto, pela paciência, direcionamento e modelo como professor, exercendo o papel de orientador na vida profissional e acadêmica.

Aos Coorientadores Fabiana Mota e Antonio Orlando Di Mauro pelos diálogos e ensinamentos quanto ao Melhoramento de Soja e suporte durante a fase de experimentação.

Aos professores e funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agricultura da UNESP pelos direcionamentos e auxílio.

Aos membros da banca examinadora, agradeço a disponibilidade, atenção e contribuições valiosas.

Aos amigos Bárbara, Camila, Antonio, Amanda, Márcio, Tássia, Rodrigo, Victor, Paula, Alisson, Aline, Carlos, Angelo, Leandro, Danilo, Blyeynna, Branca, Douglas, Letícia e Carol pelo incentivo, suporte e companheirismo durante todas as etapas da pós-graduação.

A todos que de alguma maneira contribuíram para que essa fase fosse finalizada com sucesso.

“Se você for tentar, vá até o fim. Não existe nenhuma outra sensação parecida. Você ficará a sós com os deuses e as noites se farão em chamas como o fogo. Faça, faça, faça. Faça. Até o fim. Você conduzirá a vida direto à risada perfeita, é a única batalha pela qual vale a pena lutar”.

Bukowski, Charles. **Run with the Hunted**. 1. ed. 1993.

RESUMO

Em função de identificar potenciais parentais a serem utilizados por um programa de melhoramento visando alta qualidade fisiológica de sementes e boa produção de sementes, o objetivo do trabalho foi avaliar a diversidade fenotípica através de caracteres agronômicos que afetam a produção de sementes e o potencial fisiológico de 32 cultivares comerciais brasileiras de soja, possibilitando futura seleção das melhores cultivares para compor um programa de melhoramento genético direcionado ao Cerrado brasileiro. Foram avaliadas oito características fenotípicas e sete para qualidade fisiológica de sementes. As análises das características quantitativas foram conduzidas por técnicas de estatística multivariada e componentes principais. Para os testes de qualidade fisiológica de sementes, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste F e teste Scott-Knott a 5% de significância. As cultivares AS 3797IPRO, AS 7307RR, CD 2728IPRO, CD 2820IPRO, TMG2181IPRO e TMG2183IPRO, foram selecionadas por obterem as melhores estimativas quanto à qualidade fisiológica de sementes, no entanto, não foram as que apresentaram as maiores produtividades. Sendo assim, as análises estatísticas utilizadas possibilitaram à diferenciação e agrupamento entre as cultivares comerciais estudadas para a diversidade fenotípica e o potencial fisiológico, possibilitando a escolha dos melhores genótipos quanto aos caracteres agronômicos e qualidade de sementes de maior importância para seleção de cultivares neste trabalho.

Palavras-chave: *Glycine max.* Qualidade fisiológica. Caracteres agronômicos. Análise multivariada.

ABSTRACT

In order to identify characteristics that helps in the selection of superior genotypes to be used by a breeding program, aiming high physiological quality of seeds and good seed production, the main objective of this study was evaluate the phenotypic diversity through agronomic traits affecting seed production and the physiological potential of 32 Brazilian soybean cultivars, enabling future selection of the best cultivars to be part of a soybean breeding program directed to the Brazilian Savana. Eight agronomic traits and seven physiological quality seeds characteristics were evaluated. Analyzes of the quantitative features were conducted using multivariate statistical techniques and main components. For the seed physiological quality tests, the experimental design was completely randomized (DIC), the data were submitted to analysis of variance, F test and Scott-Knott test at 5% of significance. The cultivars AS 3797IPRO, AS 7307RR, CD 2728IPRO, CD 2820IPRO, TMG2181IPRO and TMG2183IPRO were selected for obtaining the best estimates regarding the physiological quality of seeds, however, they weren't those that presented the greatest seeds production. Therefore, the statistical analyzes allowed the differentiation and grouping between the commercial cultivars studied for the phenotypic diversity and the seeds physiological potential, allowing the selection of the best genotypes to the agronomic traits and seed quality judged of greater importance to selection in this experiment.

Keywords: *Glycine max. Physiological quality. Agronomic traits. Multivariate analyses.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2.1	Classificação e histórico.....	17
2.2	Aspectos econômicos	18
2.3	Melhoramento genético na cultura	18
2.4	Qualidade fisiológica de sementes de soja.....	20
2.5	Diversidade fenotípica de soja	23
2.6	Análises multivariadas.....	25
2.6.1	Análises de componentes principais	26
2.6.2	Análises de agrupamentos	27
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Materiais genéticos	29
3.2	Área experimental e condução dos campos.....	30
3.3	Caracteres agrônômicos avaliados	31
3.3.2	Número de dias para o florescimento (NDF)	32
3.3.3	Altura da planta na maturidade (APM)	32
3.3.4	Altura de inserção da primeira vagem (AIV).....	32
3.3.5	Número de nós (NN).....	32
3.3.6	Número de vagens total (NV).....	32
3.3.7	Peso de mil sementes (P1000)	32
3.3.8	Produtividade (PD).....	33
3.4	Análises para determinação da qualidade fisiológica de sementes	33
3.4.2	Teste de tetrazólio	34
3.4.3	Teste de envelhecimento acelerado:.....	34
3.5	Análises Estatísticas.....	35
3.5.1	Análises multivariadas	35
3.5.2	Análise por componentes principais	36
3.5.2.1	Cálculo da variância contida em cada componente principal.....	36
3.5.3	Correlações das características (variáveis) com os componentes principais	37
3.5.4	Análise de agrupamento por método hierárquico	37
3.5.4.1	Distância Euclidiana.....	37
3.5.4.2	Método de Ward	38

3.5.5	Análise de agrupamento por método não hierárquico: <i>K-means</i>	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Caracteres agronômicos.....	40
4.2	Qualidade fisiológica de sementes	48
4.3	Análise multivariada dos dados fisiológicos	54
5	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* (L.) Merrill é a oleaginosa de maior importância no agronegócio brasileiro. Para que o Brasil se tornasse o segundo maior produtor mundial de soja, houve incentivo de instituições públicas e privadas ao longo dos anos visando, aumentar a produtividade da cultura. O desenvolvimento e utilização de cultivares adaptáveis a cada região de plantio e o uso de sementes com alta qualidade fisiológica, destacaram-se como estratégias fundamentais para a expressão do potencial produtivo e o sucesso da soja no Brasil (BORÉM; MIRANDA, 2013). Rossi (2012) descreve que a semente é o veículo dos avanços no melhoramento vegetal, expressos pelos atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos, que, em conjunto, determinam o seu desempenho. Para o desenvolvimento de cultivares devem ser analisados diversos aspectos da planta, do clima, do solo, e de suas interações com pragas, doenças e microorganismo. Os programas de melhoramento de soja que visam à criação de novos cultivares levam-se em consideração diversos caracteres agronômicos, tais como: ciclo da cultivar, floração, altura da planta e da inserção da primeira vagem, acamamento das plantas, qualidade de sementes, fertilidade do solo, semeadura em épocas não convencionais, resistência aos insetos, tolerância à herbicidas e produtividade (SEDIYAMA et al 2015)

O melhorista que busca obter cultivares produtivas e que apresentem alto potencial fisiológico deve, a partir da escolha dos parentais, selecionar genótipos superiores que apresentem alto valor para caracteres agronômicos ligados diretamente a produtividade e a qualidade de sementes

Uma gama de caracteres agronômicos e análises de qualidade fisiológica de sementes podem ser submetidos a rotinas estatísticas, a fim de evidenciar ligações, semelhanças ou diferenças entre as cultivares previamente selecionadas como potenciais parentais. Para tais análises, às técnicas univariadas e multivariadas podem acelerar o progresso do melhoramento genético da soja, devido à possibilidade de predição dos ganhos, através da genética quantitativa e a aplicação de metodologias eficientes durante o processo seletivo, promovendo avanços importantes para a cultura (SILVA, 2015 a), sendo assim é importante à avaliação prévia e crítica dos dados dos

potenciais parentais para que o programa tenha uma base genética diversificada e expressiva nas características desejadas pelo programa. O objetivo do trabalho foi avaliar a diversidade fenotípica através de caracteres agronômicos que afetam a produção de sementes e o potencial fisiológico de 32 cultivares de soja, possibilitando futura seleção das melhores cultivares para compor um programa de melhoramento genético direcionado ao Cerrado brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação e histórico

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma planta anual, pertencente ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae (Leguminosae), Subfamília Faboideae (Papilionoideae), gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* e forma cultivada *Glycine max* (L.) Merrill (SEDIYAMA et al., 2009).

Provavelmente, tenha sido domesticada entre os séculos XI e XII A.C na China, onde crescia nas terras baixas e úmidas, junto aos juncos, nas proximidades dos lagos e rios na China Central (HYMOWITZ; SHURTLEFF, 2005). Para os Chineses a soja era considerada uma planta sagrada, junto com o milho, cevada, arroz e trigo. Nos séculos XV e XVI a soja foi levada para as rotas mercantis e foi introduzida em diferentes países como Japão, Indonésia, Filipinas, Nepal e Índia (FEDERIZZI, 2005).

Em 1740, foi introduzida na Europa após a chegada dos primeiros navios europeus no final do século XV (CÂMARA, 1992) e sua chegada às Américas ocorreu entre o final do século XVII e início do século XVIII, nos EUA na região da Pensilvânia, e por volta de 1880, a maioria das estações experimentais de agricultura realizavam experimentos em soja (PIPER; MORSE, 1923). Essa expansão, em poucas décadas, foi um dos fenômenos mais impressionantes da história da agricultura norte-americana. Além de sua qualidade, a possibilidade de colheita mecanizada foi o fator decisivo para o rápido crescimento de seu cultivo (BLACK, 2000).

No Brasil, a soja foi introduzida por Gustavo D'utra onde registrou os resultados dos primeiros testes feitos com algumas variedades no Estado da Bahia em 1882. Em 1891, outras cultivares foram introduzidas em Campinas, SP, com melhor adaptabilidade do que na Bahia (KRICHBAUM, 1900). No Rio Grande do Sul a primeira informação sobre a soja foi dada por Minsen (1901), que relatou o desempenho de um plantio feito pelo A. Welhäuser, no município de Dom Pedrito. Novos estudos foram feitos em São Paulo, pela Estação Experimental da Cana e Plantas Oleaginosas de Piracicaba durante o período de 1931 a 1933, quando foram estudadas 23 variedades (SAMPAIO, 1940).

O cultivo para produção comercial de grãos no Brasil teve início no Rio Grande do Sul por volta de 1935, a partir desta data, investimentos foram feitos tanto no setor industrial como no setor agrícola desenvolvendo um conjunto de tecnologias para a produção da cultura em zonas tropicais (SEDIYAMA et al., 2009).

2.2 Aspectos econômicos

A soja é a cultura agrícola mais comercializada do mundo, tal fato se dá especialmente pela composição química de seus grãos que apresentam 40% de proteínas e 20% de óleos, constituindo-se como fonte alimentar proteica de grande importância mundial, proporcionando múltiplas utilizações comerciais e a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento, principalmente para a produção de óleo e ração animal (SEDIYAMA et al., 2009).

Os países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia, Paraguai e Canadá, representam cerca de 95% da produção, sendo os principais mercados importadores China e União Européia (IMEA, 2015). Na safra 2015/2016 a cultura ocupou mundialmente 118.135 milhões de hectares. No Brasil a cultura foi plantada em uma área de 33.251,9 milhões de hectares, produzindo 95.434,6 milhões de toneladas com uma produtividade 2.870 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2016).

A soja transgênica ocupou aproximadamente 94% da área total com uma área de 31,4 milhões de hectares. Comparando com a safra 2014/2015 o plantio de soja OGM cresceu 5,4% (CÉLERES, 2016).

As Regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil são as principais produtoras de soja no Brasil com destaque para os estados: Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2016).

2.3 Melhoramento genético na cultura

No melhoramento genético da soja normalmente estão envolvidas várias fases, que podem ser divididas em três etapas principais: a) escolha de genitores e realização de hibridação; b) avanço de 6 gerações e seleção,

sendo que a base da seleção é a variação genotípica; c) avaliação das linhagens, observando as mais produtivas, mais estáveis e melhor adaptadas aos ambientes avaliados (MATTA, 2008). Uma ferramenta que impactou positivamente o melhoramento genético foi a utilização da biotecnologia que contribui para a facilitação do manejo de plantas daninhas e pragas nas lavouras, a exemplo, pode-se citar os eventos de transgenia: Roundup Ready (RR) e intacta RR2PRO, que foram aprovados pelos órgãos governamentais brasileiros para desenvolvimento de pesquisas em 2005 e 2010, respectivamente.

De acordo com Riechmann (2002) a soja Roundup Ready (RR) é uma planta que recebeu, por meio de técnicas de biotecnologia, um gene de outro organismo capaz de torná-la tolerante ao uso do herbicida glifosato. A resistência ao herbicida foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma de *Agrobacterium tumefaciens*, estirpe CP4, a qual codifica uma variante da EPSPs (CP4 EPSPs), especialmente tolerante à inibição pelo glyphosate (PADGETTE et al., 1995). Sob tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, devido à ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa (TUFFI et al., 2007).

O segundo evento MON 87701 x MON 89788, apresenta tolerância ao glifosato, a mesmo presente na soja RR, e a resistência a um complexo de lagartas que são alvo de controle na cultura da soja, denominada à soja Intacta RR2PRO (MONSANTO, 2015). A metodologia empregada para obtenção do parental MON87701 foi a transformação mediada pela *Agrobacterium Tumefaciens* usando o plasmídeo PV-GMIR9, que é um vetor binário contendo o T-DNA I que possui o cassete de expressão do gene cry1Ac derivada do *Bacillus Thuringiensis* var. *Kurstaki* (Bt) e o T-DNA II com o cassete de expressão do gene cp4 epsps, usado apenas como marcador de seleção. Após a identificação das plantas modificadas com o gene Cry1Ac o T-DNA II foi segregado, então por melhoramento clássico, gerando uma determinada geração de plantas que continham o cassete de expressão do gene cry1Ac (CTNBIO, 2010).

O melhoramento de plantas tem sido importante não apenas para o desenvolvimento de cultivares com bom desempenho agrônômico, plantas resistentes as principais doenças como ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*),

podrião branca da haste (*Sclerotinia sclerotiorum*), podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*), nematóides: cisto (*Heterodera glycine*), o de galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanicae*), para obtenção de ganhos genéticos, mas para a eliminação de fatores indesejáveis à alta produtividade, o que pode incluir sementes de baixa qualidade (SILVA, 2015 b; SEDIYAMA et al., 2015). Roberts e Brookings são exemplos de cultivares que foram desenvolvidas para alto potencial de produção, qualidade fisiológica de sementes e resistência a *Phytophthora sojae* (raças 4 and 7), (JIANG et al., 2013; 2014).

Segundo Marcos Filho (2015) avaliações de germinação e de vigor tem uma grande aplicabilidade, no processo de monitoramento de sementes de potencial fisiológico, no controle de qualidade interno de empresas produtoras de sementes, por meio dos quais são estabelecidas todas as etapas do processo de produção. O que determina que o mesmo procedimento pode ser adotado em alguma etapa de seleção de linhagens de soja (SILVA, 2015 b).

2.4 Qualidade fisiológica de sementes de soja

A qualidade da semente de soja é composta por quatro pilares: 1. qualidade fisiológica, representando uma semente com alto vigor e germinação e que resulte em adequada emergência de plântulas em campo; 2. qualidade genética, sendo geneticamente pura, representando a cultivar que se deseja semear, sem misturas varietais; 3. qualidade sanitária, compreendendo semente livre de outras sementes de plantas daninhas e de patógenos, sejam eles fungos, vírus, nematoides ou bactérias; 4. qualidade física, composta por uma semente pura, livre de material inerte, como contaminantes, fragmentos de plantas, insetos, torrões e outras impurezas. (FRANÇA NETO et al., 2016).

De acordo com Gris et al. (2010) as características genéticas e os efeitos ambientais durante as fases de desenvolvimento, colheita, processamento e armazenamento são fatores chaves para o período de viabilidade das sementes, submetidas à condições desfavoráveis desde o desenvolvimento ao armazenamento, podendo acarretar em danos a qualidade das sementes. Sabe-se que a qualidade fisiológica de sementes de soja é máxima em sua maturidade. A partir deste momento são iniciados diferentes processos

degenerativos de natureza física, fisiológica e bioquímica, acarretando a deterioração das sementes. (FRANÇA NETO et al., 2010). Em algumas pesquisas, tem sido observado que o processo de deterioração de sementes de soja, em determinado ambiente é atribuída ao genótipo. Segundo Moraes (2000), a rapidez com que ocorre a perda de qualidade das sementes após a sua maturidade fisiológica é função da espécie, da cultivar e das condições de campo em que são submetidas após a colheita e durante o processo de produção, colheita e operações de beneficiamento e armazenamento. Sementes de soja, em função das características morfológicas e químicas, deterioram-se rapidamente devido a práticas inadequadas durante a produção em campo e às condições de estresses ambientais no decorrer do ciclo da planta. Ainda, são suscetíveis aos danos por umidade (contração e expansão dos tecidos devido à hidratação e à secagem), como radícula, hipocótilo e plúmula estão sob tegumento pouco espesso que oferece pouca proteção (FRANÇA NETO; KRYZANOWSKI; COSTA 1998; FRANÇA NETO et al., 2007)

A qualidade fisiológica está associada as funções vitais nas sementes como germinação, vigor e longevidade - capacidade de armazenamento (BEWLEY; BLACK, 1994).

A germinação é um fenômeno pelo qual, sob condições apropriadas, o eixo embrionário dá prosseguimento ao seu desenvolvimento, que tinha sido interrompido, nas sementes ortodoxas, por ocasião da maturidade fisiológica, tal processo se desenvolve em 3 etapas. Na etapa 1 ocorre um aumento na intensidade respiratória e degradação das substâncias de reservas (carboidratos, proteínas e lipídios) em tamanho molecular menor ao atingir entre 35 e 40 % de água (sementes cotiledonares) terá o início da etapa 2 que consiste no transporte ativo das substâncias desdobradas do tecido de reserva para o tecido meristemático, a partir de quando a semente atinge de 50 a 60% de água dá-se o início da etapa 3 em que as substâncias transportadas são reorganizadas em substâncias complexas para formar o protoplasma e as parede celulares, que permitirão a formação do eixo embrionário (CARVALHO NAKAGAWA, 2012)

Kramer e Kozlowski (1960), descrevem as seguintes etapas do processo germinativo: 1- hidratação e absorção de água; 2- hidratação dos tecidos; 3- absorção de oxigênio; 4- intensificação das atividades enzimáticas e de

digestão; 5- início da multiplicação e do crescimento celular; 6- intensificação da respiração e da assimilação; 7- intensificação da multiplicação e do crescimento celular; 8- diferenciação celular; 9- aumento no conteúdo de açúcares redutores; 10- emergência da plântula.

Para avaliar tal processo fisiológico, segundo Brasil (2009), o teste de germinação tem como objetivo principal determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes podendo estimar o valor para semeadura em campo.

O vigor de sementes é definido como a soma de atributos que confere à semente o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais (MARCOS FILHO, 1999). Convém diferenciar dois aspectos inerentes ao vigor: o genético e o fisiológico (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O vigor genético é aquele observado na heterose ou nas diferenças de vigor entre duas linhagens, enquanto o fisiológico é observado entre lotes de uma mesma linhagem, cultivar ou espécie (POLLOCK; ROOS, 1972). Entretanto, deve-se lembrar que o vigor fisiológico depende não apenas do genético, mas também das condições a que são submetidas as plantas e as sementes que irão produzir (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Vários testes têm sido recomendados para a avaliação do vigor de sementes de soja, destacando-se os de envelhecimento acelerado, tetrazólio, condutividade elétrica, crescimento de plântulas, classificação do vigor de plântulas (VIEIRA et al., 2003).

O teste de tetrazólio, o mais difundido na indústria sementeira, baseia-se na alteração de coloração dos tecidos vivos em presença de sal de tetrazólio. A reação se processa no interior das células, detectando os tecidos vivos pela formação da coloração vermelha, tecidos deteriorados com coloração vermelha escura e os tecidos mortos, que não respiram, não apresentando coloração (GRABE, 1976; FRANÇA NETO et al., 1999). Este teste além de determinar o vigor das sementes fornece informações sobre as principais possibilidades de danos ocorridos durante a condução dos campos causados por umidade, danos durante a colheita (danos mecânicos) e injúrias causados por percevejos (FRANÇA NETO et al., 2007).

Outro teste que submete a semente a condições que favorece o estresse fisiológico, é o teste de envelhecimento acelerado o mesmo se baseia na taxa crescente de deterioração da semente pela exposição em níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração das sementes (DELOUCHE, 2002). Esse teste foi desenvolvido com a finalidade de estimar o potencial de armazenamento de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973), mas a evolução do seu uso comprovou a eficiência para a comparação do vigor entre lotes de sementes e estimativa do potencial de emergência de plântulas em campo (POPINIGIS, 1977). Os testes de vigor apresentados podem apresentar alta reprodutibilidade em sementes de soja, tanto em termos de metodologia de execução como interpretação dos resultados (ISTA, 2004).

Em relação a longevidade o período que uma semente pode viver é aquele determinado por suas características genéticas e recebe o nome de longevidade. Esse período de longevidade é extremamente variável, indo desde alguns poucos dias até mais de séculos (MARCOS FILHO, 2005). A deterioração da semente é função não somente do tempo, mas também da temperatura e da umidade (ELLIS; ROBERTS, 1981).

Consequentemente, a condição ambiental do armazém influencia grandemente o período de sobrevivência da semente. Alguns estudos têm tentando relacionar o resultado do vigor com a emergência de campo (teste de frio e envelhecimento acelerado), com o potencial de armazenamento da semente (envelhecimento acelerado, deterioração controlada), e como medida de danos físicos e fisiológicos causados por insetos (condutividade e tetrazólio) (DELOUCHE; BASKIN, 1973; AOSA, 1983; HAMPTON; TEKRONY, 1995; FRANÇA NETO et al., 2000; WOLTZ; TEKRONY, 2001; ANDREOLI, 2004; POWELL; MATTHEWS, 2005).

2.5 Diversidade fenotípica de soja

O estudo da diversidade por meio de caracteres agrônômicos ou fenotípicos, principalmente os de natureza quantitativa, são de interesse no melhoramento aplicado, tendo em vista sua importância econômica e a necessidade de se obter êxito na escolha adequada de combinações híbridas

superiores proporcionando maior variabilidade genética nas gerações segregantes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; VILELA et al., 2014). A importância dos estudos sobre a divergência genética para o melhoramento reside no fato de que cruzamentos envolvendo genitores geneticamente diferentes são mais convenientes para produzir alto efeito heterótico e, também maior variabilidade genética em gerações segregantes (RAO et al., 1981). Segundo Faria et al. (2007), o progresso genético direcionado em qualquer espécie está relacionado à existência de variabilidade genética.

A soja é uma cultura que, pelos estudos de grau de parentesco e divergência genética, apresenta alta similaridade entre os cultivares desenvolvidos (BONATO et al., 2006; HYTEN et al., 2006). Apesar do grande número de cultivares de soja existente no Brasil, há pouca variabilidade genética entre elas em razão, de serem originárias de poucos ancestrais, o que resultou em uma base genética estreita (ALCÂNTARA NETO, 2001).

Diversos trabalhos visando estimar a divergência genética em soja são realizados, utilizando-se análises multivariadas baseadas em dados fenotípicos. Miranda et al. (2007), estimaram os coeficientes de parentesco entre as cultivares brasileiras de 0,18 indicando a estreita base genética destas. Wysmierski e Vello (2013), avaliaram 444 genealogias de cultivares brasileiras, identificando 60 ancestrais dos quais apenas 14 contribuíram com mais de 90% da base genética das mesmas, onde 4 principais ancestrais foram os mesmos em todos os períodos de lançamento. Liu et al. (2011), observaram que 9 caracteres agrônômicos diferenciaram 91 linhagens de soja, alocando-as em dois grupos distintos, os quais correspondiam às suas origens geográficas. Santos et al. (2012), estimaram a diversidade genética entre 48 genótipos de soja, utilizando 17 caracteres fenotípicos, e conseguiram identificar hibridações promissoras visando maior produção de grãos. Rigon et al. (2012), avaliaram 18 cultivares de soja por meio de caracteres quantitativos e observaram que as variáveis de maior contribuição para a divergência genética foram à altura de inserção da primeira vagem e o número de dias para a maturação fisiológica.

2.6 Análises multivariadas

As análises multivariadas referem-se a todas as técnicas estatísticas que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre os indivíduos ou objeto de investigação. Muitas técnicas multivariadas são extensões da análise univariada e da análise bivariada. Algumas técnicas multivariadas fornecem um meio de executar em uma única análise aquilo que antes exigia múltiplas análises univariadas para ser realizado (HAIR et al., 2009).

Técnicas exploratórias multivariadas são muitas vezes associadas ao problema de como reduzir o espaço original, para uma dimensão mínima necessária, visando à obtenção da descrição de informações relevantes contidas nas observações originais (BARBOSA et al., 2013).

Os métodos de análise de dados multivariados permitem um estudo global destas variáveis, evidenciando as ligações, semelhanças ou diferenças entre elas, com menor perda possível de informação (HAIR et al., 2009). Várias técnicas exploratórias multivariadas podem ser aplicadas na seleção de genótipos superiores e para a diversidade genética ou fenotípica. A grande vantagem é analisar simultaneamente as informações de todas as variáveis respostas, levando em conta as correlações existentes entre elas (SARTORIO, 2008).

Segundo Hair et al. (2009) as variáveis nos métodos multivariados, são classificadas em variáveis dependentes e independentes. Na técnica de dependência a variável é identificada como dependente e explicada por outras variáveis conhecidas como variáveis independentes, tendo como exemplo a análise discriminante, análise conjunta, análise de correlação canônica, análise multivariada de variância e regressão múltipla. Por outro lado, a técnica de interdependência envolve a análise simultânea de todas as variáveis no conjunto, sem definir se a variável é independente ou dependente.

Os métodos multivariados tornam possíveis levantar questões específicas e precisas de considerável complexidade em conjunto de dados, transformando informações m-dimensional em tri ou bidimensional uma vez que a capacidade humana de identificação por reconhecimento visual só é possível até a terceira dimensão (FERRAUDO, 2014).

A estatística multivariada tem sido aplicada na seleção de genótipos superiores no melhoramento genético da soja em diversos trabalhos (RIGON et al., 2012; SANTOS et al., 2012; DALLASTRA et al., 2014; VIANNA et al., 2013; SILVA, 2015 a; LEITE, 2016; ANDRADE et al., 2016).

2.6.1 Análises de componentes principais

Dentre as técnicas multivariadas, uma das técnicas mais utilizadas na predição da diversidade genética são as análises de componentes principais que podem ser utilizadas quando os dados são obtidos de experimentos sem repetições (MACHADO, 1999).

Esta técnica busca reduzir o espaço de variáveis criando eixos ortogonais que são combinações lineares das variáveis originais denominados componentes principais, é medido o poder de cada variável no seu respectivo componente, o que permite diminuir a estrutura de variáveis originais numa nova estrutura menor que a inicial (FERRAUDO, 2014).

Como uma ferramenta de análise exploratória a análise de componentes principais permite revelar a existência de relações entre as variáveis medidas e de relações ou agrupamentos entre amostras tornando-se de grande utilidade no melhoramento genético. O número de componentes é sempre igual ao número de variáveis (LYRA, 2010).

Cada componente retém porcentagem da variância original, sendo os mesmos extraídos na ordem do mais explicativo para o menos explicativo, isto é, o primeiro componente principal (CP1) possui a máxima variância, tendo o segundo componente principal (CP2) a segunda maior variância e, assim, sucessivamente. Assim, os primeiros componentes são responsáveis por grande parte da explicação total e, conseqüentemente, uma grande parte dessa variabilidade pode ser explicada por um número menor de componentes, em relação ao número de variáveis avaliadas (FERREIRA, 2011). Geralmente as observações (ou indivíduos) são distribuídas em gráficos bidimensionais onde os eixos ortogonais são os componentes principais (DALLASTRA et al., 2014; VIANNA et al., 2013).

2.6.2 Análises de agrupamentos

A análise de agrupamentos ou *cluster analysis* é amplamente utilizada no melhoramento genético e consiste em um conjunto de técnicas que objetivam identificar e agrupar genótipos segundo a similaridade sobre alguma característica que possuem, possibilitando uma melhor análise dos dados e a identificação de padrões de comportamento (MINGOTI, 2005).

Os métodos de agrupamento dividem grupos de amostras em subgrupos de acordo com a semelhança ou diferença entre eles, originando um dendrograma, os quais são estruturas hierárquicas formadas pela união dos elementos similares (VICINI, 2005; LINDEN, 2009).

Na aplicação da análise de agrupamento é fundamental a escolha de um coeficiente que quantifique o quanto dois objetos são semelhantes. Estes coeficientes podem ser divididos em duas categorias: medidas de similaridade e medidas de dissimilaridade (FERRAUDO, 2014). A medida de dissimilaridade é entendida como um critério que quantifique a distância entre dois objetos ou indivíduos (SILVA, 2012).

Os métodos de agrupamento diferem pelo tipo de resultado a ser fornecido e pelas diferentes formas de definir a proximidade entre os indivíduos diante a formação de um grupo ou entre dois grupos quaisquer (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

Dentre os métodos de agrupamento, destacam-se os métodos hierárquicos e os não-hierárquicos. Conforme Malhotra (2001), o método de agrupamento hierárquico caracteriza-se, como o próprio nome diz, pelo estabelecimento de uma hierarquia, ou simplifiadamente, uma estrutura em forma de árvore. As estruturas hierárquicas formadas pela união dos elementos similares consistem em diagramas chamados dendrogramas. Entre os hierárquicos, os métodos mais utilizados, são o método de ligação simples (*single linkage*), ligação completa (*complete linkage*), ligação média entre grupos (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean – UPGMA*) e o método de Ward.

As delimitações podem ser estabelecidas por um exame visual do dendrograma, em que se avaliam pontos de alta mudança de nível, tornando-os em geral como delimitadores do número de genótipos para determinado grupo (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Por sua vez, nos métodos não hierárquicos,

a aglomeração dos indivíduos tende a formar grupos mutuamente exclusivos (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

O método não-hierárquico difere do hierárquico na quantidade de classes formadas, à qual é determinada antes da realização da análise, com o objetivo de minimizar a variabilidade dentro do conjunto e maximizar a variabilidade entre os conjuntos (PITTA et al., 2010).

Um método não-hierárquico bastante utilizado é o K-médias (*K- means*), que visa alocar os elementos de dados em grupos previamente definidos. É um método que minimiza a soma dos quadrados residuais dentro de cada grupo formado, aumentando a homogeneidade dentro dele ao mesmo tempo em que aumenta a diferença entre eles (ALENCAR et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais genéticos

Foram selecionadas 32 cultivares comerciais brasileiras de soja divididas em 2 grupos: 24 cultivares com tecnologia Intacta e 8 com tecnologia *Roundup Ready* (RR). As cultivares utilizadas são adaptadas à diversas regiões produtoras de soja no Centro- Oeste brasileiro compreendendo entre grupos de maturidade- (GM) 6.8 a 9.0 conforme a Tabela 1. Todas as cultivares foram enumerados de 1 a 32 para identificação das mesmas durante a condução do experimento.

Tabela 1 - Cultivares comerciais selecionadas para o experimento.

	Cultivares	Tecnologia	GM	Empresa
1	98Y28IPRO	Intacta	8.2	Monsoy
2	AS3680IPRO	Intacta	6.8	Agroeste
3	AS3797IPRO	Intacta	7.9	Agroeste
4	AS3810IPRO	Intacta	8.1	Agroeste
5	AS3820IPRO	Intacta	8.2	Agroeste
6	AS3850IPRO	Intacta	8.5	Agroeste
7	AS7307RR	RR	7.3	Agroeste
8	AS8197RR	RR	8.1	Agroeste
9	CD2728IPRO	Intacta	7.2	Coodetec
10	CD2820IPRO	Intacta	8.2	Coodetec
11	M6952IPRO	Intacta	7.2	Monsoy
12	M6972IPRO	Intacta	6.9	Monsoy
13	M7110IPRO	Intacta	7.1	Monsoy
14	M7211RR	RR	7.2	Monsoy
15	M7639RR	RR	7.6	Monsoy
16	M7739IPRO	Intacta	7.7	Monsoy
17	M8133IPRO	Intacta	8.1	Monsoy
18	M8210IPRO	Intacta	8.2	Monsoy
19	M8349IPRO	Intacta	8.3	Monsoy
20	M8372IPRO	Intacta	8.3	Monsoy
21	M8473IPRO	Intacta	8.5	Monsoy
22	M8527RR	RR	8.5	Monsoy
23	M8615IPRO	Intacta	8.6	Monsoy
24	M8766RR	RR	8.7	Monsoy
25	M8808IPRO	Intacta	8.8	Monsoy
26	M8867RR	RR	8.8	Monsoy
27	M9056RR	RR	9	Monsoy
28	NS8338IPRO	Intacta	8.3	Nidera
29	RK7814IPRO	Intacta	7.8	Riber Sementes
30	ST797IPRO	Intacta	7.9	Seed Corp
31	TMG2181IPRO	Intacta	8.1	TMG
32	TMG2183IPRO	Intacta	8.3	TMG

3.2 Área experimental e condução dos campos

O experimento à campo foi conduzido na safra de verão 2015/2016 em área de pivô central, na Fazenda São Romão, localizada no Município de Goiatuba, Goiás, coordenadas: 17°59'48.84"S e 49°41'21.80"W. A região é classificada de clima Aw, temperatura média anual de 23.0 °C e 1369 mm de pluviosidade média anual (KOPPEN, 1948). O solo é caracterizado como Latossolo Roxo Distrófico, profundo, acentuadamente drenado, poroso e suavemente ondulado. As temperaturas mínimas e máximas e precipitações pluviométricas diárias estão apresentadas na Figura 1 e 2.

Figura 1 – Precipitação pluvial e temperatura média, de novembro de 2015 a maio de 2016 em Goiatuba, GO.

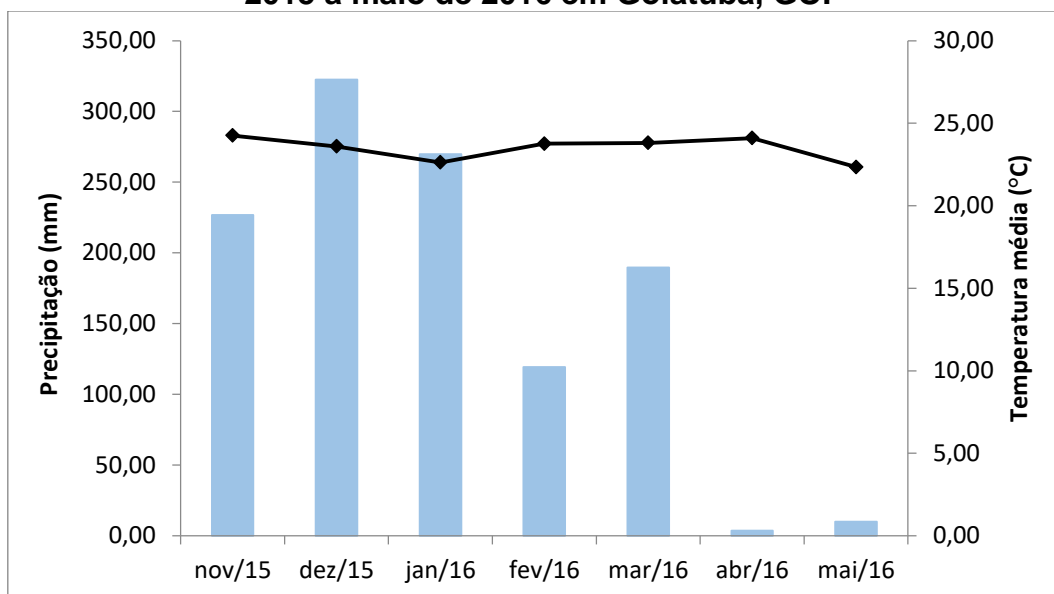
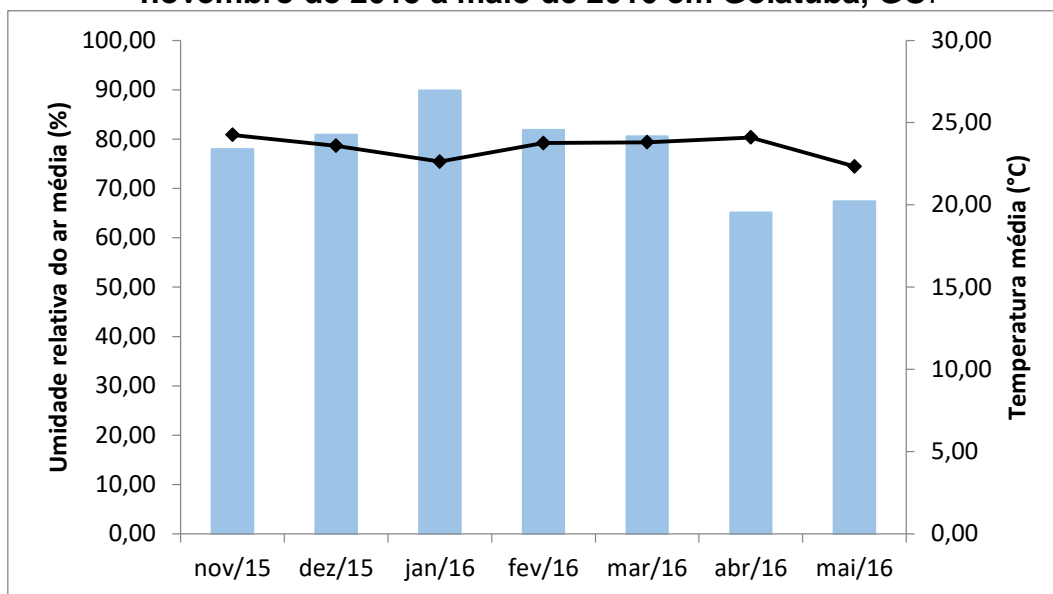


Figura 2 – Umidade relativa do ar média e temperatura média, de novembro de 2015 a maio de 2016 em Goiatuba, GO.



Os campos foram semeados nos dias 11, 12 e 13 de Novembro de 2015. Cada cultivar ocupou uma área de 0,5 ha, totalizando 16 ha de área útil experimental. Os tratos culturais realizados durante a condução do experimento a campo foram de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja (EMBRAPA, 2014).

As cultivares foram colhidas à medida que atingiam o estágio R9 e umidade entre 13 a 15%. A colheita foi realizada com colhedoras possuindo sistema axial, recomendadas para colheita de campos de sementes, pois apresenta menor taxa de sementes danificadas.

3.3 Caracteres agronômicos avaliados

Foram avaliados os principais caracteres agronômicos, observados na cultura da soja, conforme escala fenotípica de Fehr e Caviness (1977).

3.3.1 Número de dias para a maturidade (NDM)

O ciclo de cada cultivar foi compreendido entre o número de dias da emergência até o estágio R8, definido pelo momento em que 95% das vagens estão maduras e com coloração típica da cultivar (FEHR; CAVINESS, 1977).

3.3.2 Número de dias para o florescimento (NDF)

Número de dias entre a data da semeadura e abertura de 50% das flores no estágio fenológico R2.

3.3.3 Altura da planta na maturidade (APM)

Média da distância em centímetros, da superfície do solo à extremidade da haste principal de 20 plantas aleatoriamente selecionadas e identificadas no estágio fenológico R8.

3.3.4 Altura de inserção da primeira vagem (AIV)

Distância em centímetros, entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem na haste principal de 20 plantas previamente selecionadas e identificadas no estágio R8.

3.3.5 Número de nós (NN)

Média correspondente ao número total de nós na haste principal, de 20 plantas selecionadas e identificadas, contabilizados em R8.

3.3.6 Número de vagens total (NV)

Obtido por meio da contagem do número médio de vagens produzidas, por 20 plantas selecionadas e identificadas em R8.

3.3.7 Peso de mil sementes (P1000)

Foi obtido o peso médio em gramas de 1000 sementes, por meio da contagem de 10 amostras de 100 sementes retiradas do bulk após beneficiamento, de acordo com as Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009).

3.3.8 Produtividade (PD)

Foi obtido através da colheita de toda a área útil de cada cultivar e expresso em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3.4 Análises para determinação da qualidade fisiológica de sementes

As avaliações quanto à qualidade fisiológica das 32 cultivares em estudo foram conduzidas em laboratório de Análise de Sementes, localizado em Goiatuba - GO. Foi retirada uma amostra em bulk de 3 kg após beneficiamento de cada cultivar para os testes de: germinação, tetrazólio e envelhecimento acelerado. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições. Para as porcentagens de germinação, vigor, viabilidade e envelhecimento acelerado, foram realizadas transformações por $\arcsin \sqrt{(x/100)}$.

Para as variáveis: dano por percevejo, dano mecânico e dano por umidade, obtidas através do teste de tetrazólio, foram executadas as transformações de dados por $\sqrt{(x+1)^{0,5}}$.

3.4.1 Teste de germinação:

Antes da instalação do teste de germinação, foi determinado o teor de água das sementes pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h (Brasil, 2009), utilizando-se duas sub- amostras de 25 sementes para cada lote.

O teste de germinação foi conduzido com 4 repetições de 50 sementes para cada bulk, distribuídas em caixas de plástico tipo “gerbox®” contendo como substrato papel germitest umedecido com quantidade de água 2,5 vezes o peso do papel. As sementes foram colocadas para germinar, em 3 folhas enroladas cuidadosamente com as sementes distribuídas linearmente colocadas em câmara de germinação vertical. A análise da germinação das sementes foi realizada conforme descrito por Brasil (2009), as contagens foram feitas aos 5 e 8 dias após a instalação do teste, contabilizando a porcentagem final de plântulas normais, anormais, sementes duras, sementes dormentes e sementes mortas.

3.4.2 Teste de tetrazólio

As sementes foram pré-umedecidas por 16 h em caixa tipo “gerbox®” com tela modificada a uma temperatura de 25°C. Após este processo, as sementes foram colocadas em copinhos de plástico de 50 ml, contendo uma solução de tetrazólio (2,3,5 - trifenil cloreto de tetrazólio) com concentração de 0,075%, e colocados em uma estufa, localizada em uma sala com ausência de luz, à uma temperatura de 35°C por 2,5 horas. Após este processo, as sementes foram lavadas em água corrente e foi realizada a avaliação com auxílio de lupas com aumento de 6 vezes e iluminação fluorescente. As sementes foram seccionadas longitudinalmente através do eixo embrionário entre os cotilédones, o tegumento removido para avaliação do eixo radícula-hipocótilo.

A avaliação foi feita individualmente para cada semente, e os resultados registrados na ficha de avaliação do teste de tetrazólio, de acordo com a presença e ausência de danos, bem como os tipos de danos ocorridos nas sementes. A classificação dos níveis de vigor, viabilidade foi feita de acordo com França Neto et al. (1999).

3.4.3 Teste de envelhecimento acelerado:

Este teste foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Marcos Filho (1999), as sementes foram distribuídas em camada única e uniforme sobre tela de inox, fixada no interior de caixas do tipo “gerbox®” com compartimento individual, contendo 40 mL de água destilada. As caixas foram tampadas, a umidade relativa foi mantida em 100% por 48 h, em câmara de envelhecimento a temperatura de 41°C. Após este período, foi realizado o teste de germinação, as sementes foram colocadas para germinar seguindo a metodologia descrita para o teste de germinação de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais na primeira contagem.

3.5 Análises Estatísticas

Os caracteres agronômicos avaliados foram submetidos, às análises estatísticas multivariadas exploratórias, considerando os componentes principais e os métodos de agrupamento hierárquicos e não hierárquicos. A semelhança entre os genótipos foi medida pela distância Euclidiana e a ligação média entre os grupos foi realizada pelo método de Ward. As análises foram efetuadas por meio do software Statistica versão 10 (STATSOFT, 2010).

Os dados obtidos nos testes para determinação da qualidade fisiológica de sementes foram submetidos à análise de variância e ao teste F, quando encontrado efeito significativo de genótipos, as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott a 5% de significância, as rotinas estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2001). Posteriormente foram efetuadas análises de componentes principais e agrupamentos não hierárquicos (*K-means*) para qualidade fisiológica e produtividade.

3.5.1 Análises multivariadas

Para a realização das rotinas estatísticas multivariadas, os dados foram padronizados, contribuindo com o mesmo peso no cálculo do coeficiente de semelhança entre objetos, resultando em variáveis padronizadas com média nula e variância unitária, de acordo com Ferraudo (2014) que descreve que há duas razões para a padronização da matriz de dados. As unidades associadas aos atributos podem arbitrariamente influenciar o grau de semelhança entre os objetos, com a padronização o efeito dessa arbitrariedade é eliminado. A padronização faz com que os atributos contribuam com o mesmo peso no cálculo do coeficiente de semelhança entre objetos. Se uma variável possui um intervalo de valores superior a outro de outra variável, certamente a primeira variável contará com um peso maior na determinação do grau de semelhança entre objetos. Este efeito pode ser compensado pela padronização. A partir da seguinte equação:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (1)$$

Onde:

Z_{ij} = valor padronizado;

$j=1, 2, \dots, p$ variáveis;

$i=1, 2, \dots, n$ objetos;

X_{ij} e \bar{X}_j e S_j = média e o desvio padrão da coluna j .

3.5.2 Análise por componentes principais

Esta análise permite visualizar a dispersão das cultivares a partir de um plano cartesiano, obtido pela categorização dos primeiros componentes, nos quais o aproveitamento da variabilidade disponível seja maximizado (VILLELA, 2014). Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, além disso, são independentes entre si, e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo da informação, em termos de variação total, contida nos dados iniciais (CRUZ; REGAZZI, 2001). A técnica dos componentes principais consiste em transformar o conjunto de p variáveis $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$ em um novo conjunto $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ip}$, em que os y_i 's são funções lineares dos x_i 's e independentes entre si.

3.5.2.1 Cálculo da variância contida em cada componente principal

A proporção da variância total contida em cada componente é obtida através da seguinte expressão:

$$CPh = \frac{\lambda_h}{\text{Traço}(C)} 100 \quad (2)$$

Onde:

CP_h = matriz de covariâncias dos dados originais padronizados;

λ_h = h -ésima raiz característica (autovalor) da matriz C ;

$\text{Traço}(C) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_h$

Segundo Kaiser (1958), são considerados somente autovalores acima de 1 ou muito próximos, pois geram componentes com quantidade relevante de

informação das variáveis originais. Para aqueles abaixo de 1, a quantidade de informação retida no componente não é relevante.

3.5.3 Correlações das características (variáveis) com os componentes principais

A correlação das características (variáveis) com os componentes principais, é obtida através da fórmula:

$$r_{x_j}(cp_h) = \frac{a_{jh} \sqrt{\lambda_h}}{s_j} \quad (3)$$

Onde:

s_j = desvio padrão da variável j ;

a_{jh} = coeficiente da variável j no h -ésimo componente principal;

λ_h = h -ésima raiz característica (autovalor) da matriz de covariância.

3.5.4 Análise de agrupamento por método hierárquico

3.5.4.1 Distância Euclidiana

A Distância Euclidiana é provavelmente a medida mais comumente utilizada para analisar a semelhança entre objetos. O cálculo da distância Euclidiana foi feito a partir dos dados originais padronizados, sendo definido pela distância geométrica dos objetos x e y em um espaço multidimensional, dada pela equação:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2} \quad (4)$$

Distância Euclidiana quadrática é uma forma de empregar o padrão de distância Euclidiana dando, progressivamente, maior peso aos objetos mais distantes, esta é calculada pela seguinte equação:

$$d(x, y) = \sum_i (x_i - y_i)^2 \quad (5)$$

3.5.4.2 Método de Ward

Procedimento também chamado de “mínima variância”, cada elemento é considerado como um único conglomerado. Em cada passo do algoritmo de agrupamento calcula-se a soma de quadrados dentro de cada aglomerado. Esta soma é o quadrado da distância Euclidiana de cada elemento amostral pertencente ao conglomerado em relação ao correspondente vetor de médias do aglomerado, isto é:

$$SS_i = \sum_{k=1}^{n_i} (X_{IK} - \bar{X}_i)' (X_{IK} - \bar{X}_i) \quad (6)$$

Onde:

n_i = número de elementos no aglomerado A_i quando se está no passo s do processo de agrupamentos;

X_{ik} = vetor de observações do k - ésimo elemento amostral que pertence ao i -ésimo conglomerado;

\bar{X}_i = centróide do conglomerado A_i ;

SS_i representa a soma de quadrados correspondente ao aglomerado A_i . Nos passos, a soma de quadrados total dentro dos grupos, SSR , é definida como:

$$SSR = \sum_{i=1}^{g_s} SS_i \quad (7)$$

Onde:

g_s = número de grupos existentes quando se está no passo s .

Assim, a distância entre os aglomerados A_i e B_l é, então, definida como:

$$d(A_i, B_l) = \left[\frac{n_i n_l}{n_i + n_l} \right] (\bar{X}_i - \bar{X}_l)' (\bar{X}_i - \bar{X}_l) \quad (8)$$

Sendo a soma de quadrados entre os clusters A_i e B_l . Em cada passo do algoritmo de agrupamento, os dois conglomerados que minimizam a distância,

são combinados. É possível demonstrar que a medida de distância, é a diferença entre o valor de SSR depois e antes de se combinar os conglomerados A_i e B_i num único conglomerado. Portanto, em cada passo do agrupamento, o método de Ward combina os dois conglomerados que resultam no menor valor SSR. Este processo gera um dendrograma com diferentes grupos.

3.5.5 Análise de agrupamento por método não hierárquico: *K-means*

A Análise de Agrupamentos pelo método *K-means* ou K- médias baseia-se em um procedimento onde, dado um número de clusters previamente determinado são calculados os pontos que representam os “centros” destes clusters. O critério de agrupamento pelo método de *K-means* pode ser descrito como sendo:

$$E = \sum_{k=1}^k \sum_{x_i \in C_k} d(x_i, x_{ok}) \quad (9)$$

Onde:

x_{ok} = centróide do cluster

C_k e $d(x_i, x_{ok})$ = distância entre os pontos X_i e X_{ok}

O centróide pode ser a média ou a mediana de um grupo de pontos. Em outras palavras, o objetivo do K-médias é minimizar a distância entre cada ponto e o seu respectivo centróide (HAIR et al., 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracteres agronômicos

A análise de componentes principais gerou um total de oito autovalores, sendo que os três primeiros foram superiores. Análises de componentes principais, vêm se destacando em estudos de seleção de genótipos superiores, pois além de identificar os caracteres mais importantes na contribuição de variação total disponível entre indivíduos, fornece indicação para eliminar as variáveis que pouco contribuem (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Os componentes principais também são empregados para agrupar indivíduos com características semelhantes e em correlações existentes entre as variáveis em estudo (VALLADARES et al., 2008). De acordo com o critério proposto por Kaiser (1958), apenas autovalores acima de um geram componentes com qualidade de informações das variáveis originais relevantes.

Os autovalores 1, 2, 3 foram responsáveis por 70,65% da variância total (Tabela 2). Valor semelhante foi encontrado por Groli (2016) onde os três primeiros componentes principais (CP) explicaram 70,6% da variância retida, resultante de estudo voltado para seleção de genótipos de soja com elevado potencial agronômico e resistência ao complexo de percevejos.

Tabela 2 - Matriz de correlação de autovalores e estatística para os caracteres agronômicos

Número do autovalor	Autovalor	Variância total (%)	Autovalor acumulado	Variância acumulada (%)
1	2,98	37,31	2,98	37,31
2	1,42	17,79	4,41	55,10
3	1,24	15,54	5,65	70,65
4	0,78	9,76	6,43	80,41
5	0,53	6,66	6,96	87,07
6	0,45	5,63	7,41	92,70
7	0,35	4,34	7,76	97,04
8	0,24	2,95	8,00	100,00

Na tabela 3 estão relacionadas as variáveis que contribuíram para a maior diversidade dentro de cada componente principal, sendo consideradas importantes apenas as correlações acima do valor absoluto de 0,6 corroborando com Ferraudo (2010). Sabe-se que o maior valor das variáveis, em módulo, representa maior contribuição da característica atuando naquele componente principal (VILLELA, 2014).

Tabela 3 - Correlação entre as variáveis e os componentes principais (CP) das cultivares avaliadas: produtividade (PD); número de dias para florescimento (NDF); número de dias para maturidade (NDM); altura da planta na maturidade (APM); altura de inserção da primeira vagem (AIV); número de nós (NN); número de vagens total (NV); peso de 1000 sementes (P1000).

Variáveis	CP1	CP2	CP3
PD (kg. ha ⁻¹)	0,77	-0,03	0,25
NDF	-0,69	0,02	0,13
NDM	-0,72	0,16	-0,21
NV	-0,74	-0,41	-0,16
APM (cm)	-0,28	0,53	0,69
AIV (cm)	-0,03	0,87	-0,10
NN	-0,42	-0,38	0,74
P1000 (g)	0,74	-0,16	0,17

O primeiro componente principal (CP1) reteve 37,31% da variância original, com as variáveis PD, NDF, NDM, NV, P1000. As variáveis: PD, NV e P1000 foram as que contribuíram para maior retenção de variância em CP1, tal resultado está de acordo com Garcia et al. (2007) e Alcântara Neto et al. (2011), observaram que os caracteres números de vagens e peso de 1000 sementes se relacionam diretamente ao aumento na produção. Para as variáveis NDF e NDM, os resultados apresentaram uma relação negativa, ou seja, a cultivar com rápido florescimento, apresentará uma maturidade fisiológica antecipada, o que determina seu ciclo ou grupo de maturidade. O conhecimento do número de dias para a maturidade é fundamental, uma vez que a utilização de cultivares com menor ciclo pode reduzir a incidência de pragas e doenças, principalmente quando os ataques ocorrem no final do ciclo da cultura, em função de escapes (VIANNA et al., 2013).

O segundo componente principal (CP2) reteve 17,79% da variância, atribuída a variável AIV, com o maior valor de correlação encontrado (0,87), demonstrando a relevância desta variável, pois plantas com alturas maiores de inserção de primeira vagem evitam perdas durante a colheita especialmente em terrenos declivosos. Da mesma forma, Silva (2015 a) observou em CP2 22,08 % da variância original explicada apenas pela variável altura da inserção da primeira vagem com correlação de 0,79 Segundo Ferraudo (2014), as variáveis consideradas mais importantes são aquelas que apresentam os maiores valores de correlações, independente do sinal que elas apresentem. De acordo com Volf et al. (2010), para que a altura de inserção da primeira

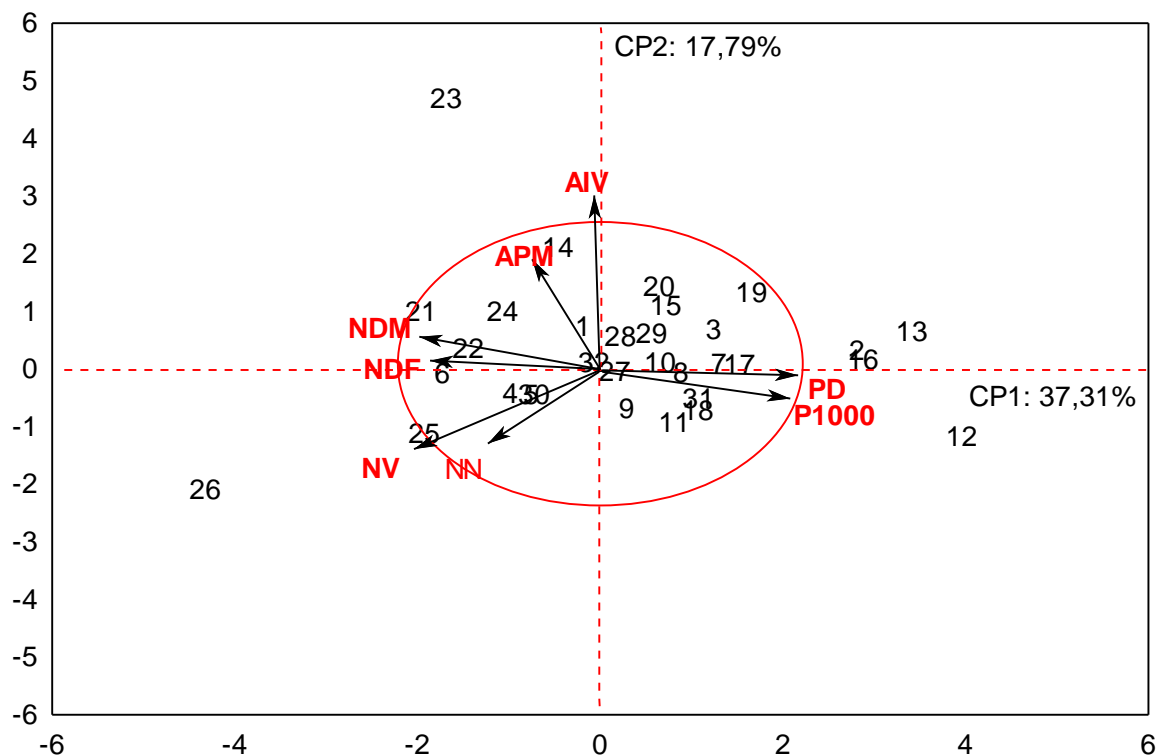
vagem não confira perdas à colheita, é ideal que a primeira vagem esteja inserida a pelo menos 10 cm do solo.

O terceiro componente principal (CP3) reteve 15,54% com as variáveis: APM e NN. A altura da planta de soja possui grande efeito indireto sobre o número de vagens, por isso seleciona-se plantas mais altas e com altura de inserção da primeira vagem adequada, uma vez que existe uma tendência dessas plantas apresentarem maior número de vagens, e conseqüentemente serem mais produtivas (PELUZIO et al., 2009). Navarro Junior e Costa (2002), observaram resultados semelhantes, detectando expressiva relação entre a produção de grãos e o maior número de nós, comprovando a relação entre o número de nós e o potencial produtivo da planta, uma vez que os mesmos representam maior superfície fotossintetizante, maior área para o surgimento de flores e conseqüentemente de vagens produtivas.

A projeção no plano bidimensional formado pelos componentes CP1 (37,31%) e CP2 (17,79%) resultaram em 55,1% da variância original (Figura 3). Esse valor foi menor do que o encontrado por Gomez (2014) onde CP1 e CP2 explicaram 69% da variância contida nas variáveis originais e discriminados pelas características NDM, NDF, APM E PD.

Segundo Silva (2015 a) os genótipos que localizam - se nas extremidades apresentam características específicas com alto valores que os tornam superiores dos demais, assim, quanto mais um genótipo se distancia do centro do sistema de coordenadas mais padrão específico apresentará, podendo ocorrer especificidade também em genótipos localizados nas extremidades do sistema de coordenadas com propriedades específicas para as variáveis em estudo.

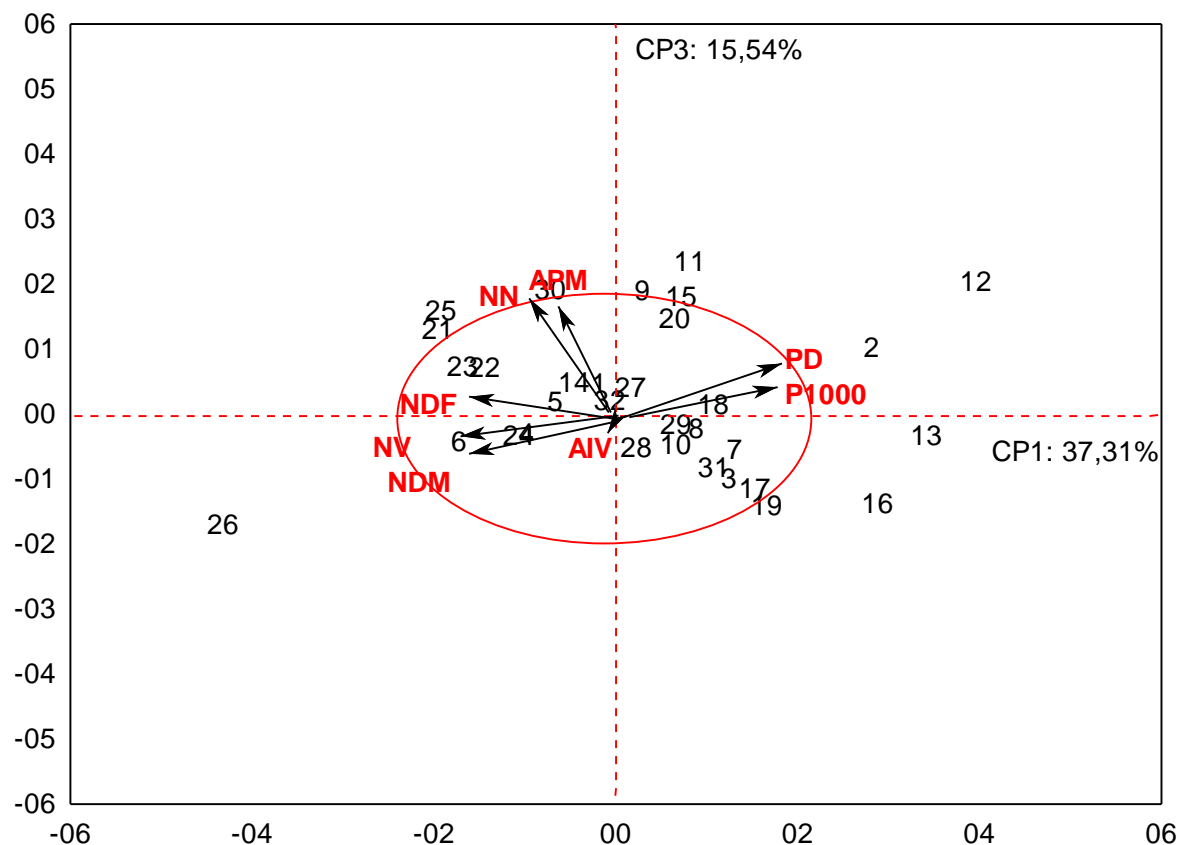
Figura 3 - Gráfico Biplot com dispersão das 32 cultivares comerciais brasileiras de soja em função dos componentes principais CP1 e CP2, contendo a projeção dos vetores das variáveis: NDF: número de dias para o florescimento; NDM: número de dias para a maturidade; AIV: altura de inserção da primeira vagem; APM: altura da planta na maturidade; NN: número de nós; NV: número de vagens; P1000: peso de 1000 sementes e PD: produtividade



A cultivar 12 (M 6972IPRO) destacou-se para os caracteres PD e P1000. Por outro lado, a cultivar 21 (M 8473IPRO) apresentou o maior valor de NDM e a cultivar 23 destacou-se para APM, segundo Silva (2015 a), indivíduos com características específicas consideradas desfavoráveis à seleção podem estar posicionadas nas extremidades do plano cartesiano, se uma cultivar apresenta especificidade para a característica altura de plantas, significará que esta possui porte alto, sendo indesejável para o melhoramento genético de soja. As cultivares 25 e 26 (M 8808IPRO, M 8867RR), apresentaram maior número de vagens. Logo, as demais cultivares que permaneceram agrupadas no centro do gráfico, não apresentaram valores de alta expressão para NDF, NDM, AIV, APM, NN, NV, P1000 e PD.

O plano bidimensional formado pelos componentes CP1 (37,31%) e CP3 (15,64%), reteve a variância total 52,95 % (Figura 4).

Figura 4 - Gráfico biplot com dispersão das 32 cultivares de soja em função dos componentes principais CP1 e CP3, contendo a projeção dos vetores das variáveis: NDF: número de dias para o florescimento; NDM: número de dias para a maturidade; AIV: altura de inserção da primeira vagem; APM: altura da planta na maturidade; NN: número de nós; NV: número de vagens; P1000: peso de 1000 sementes e PD: produtividade



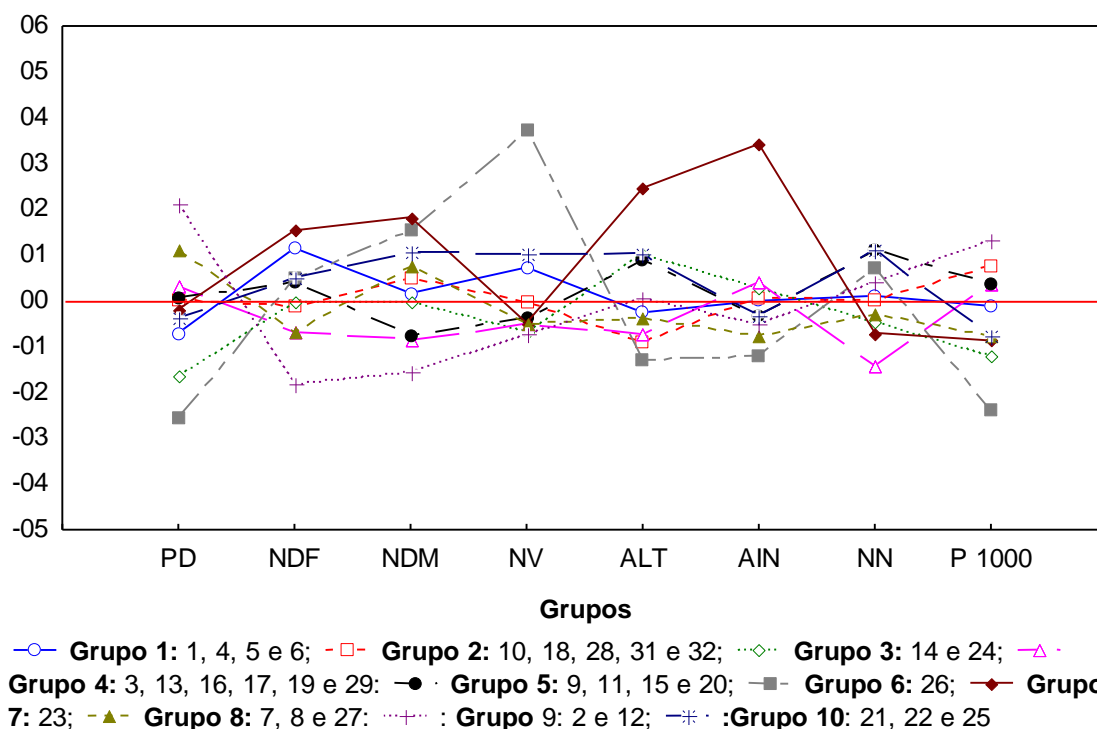
As cultivares 2 e 12 (AS 3680IPRO, M 6972IPRO) apresentaram alto valor de PD e P1000. Para as cultivares 21 e 25 (M 8473IPRO, M 8808IPRO) os valores mais expressivos foram para o NN. A cultivar 26 (M 8867RR) obteve maior NV e NDM e por fim para a variável APM a cultivar 30 (ST 797IPRO) se destacou. O plano bidimensional formado pelos componentes CP1 e CP3 possibilitou selecionar, além daquelas já selecionados no plano bidimensional CP1 X CP2, a cultivar 2 (AS 3680IPRO) para PD e P1000, e a cultivar 30 (ST 797IPRO) para APM, contribuindo assim, com informações relevantes na seleção de cultivares.

De acordo com os resultados das análises de CP1 em conjunto com CP2 e CP1 em conjunto com CP3, as principais características que permitiram a

seleção de cultivares foram PD, P1000, NV e NN. Esses resultados estão de acordo com Dallastra et al. (2014), que utilizaram a técnica de componentes principais, visando à seleção de progênies de soja baseado em caracteres fenotípicos e Fehr (1987), que destaca as variáveis: número de sementes, número de vagens, produtividade e número de nós como importantes componentes de produção da soja, pois estão ligadas diretamente a produtividade.

Na análise de agrupamento pelo método de Ward, verificou-se a formação de 10 grupos distintos por meio da visualização do dendrograma, conforme recomendação de Cruz (2006), o agrupamento aproximou-se do método de K-médias (Figura 5), separando as cultivares em 10 grupos distintos, possibilitando segregar as mais semelhantes por meio dos caracteres agronômicos.

Figura 5 - Gráfico do perfil da distribuição dos centróides dos grupos na análise de agrupamento por k-médias formados a partir das variáveis: PD: produtividade; NDF: número de dias para o florescimento; NDM: número de dias para maturidade; NV: número de vagens; APM: altura da planta na maturidade; AIV: altura da inserção da primeira vagem; NN: número de nós; P1000: peso de 1000 sementes.



O Grupo 1 foi formado pelas cultivares 1, 4, 5 e 6 (98Y28IPRO, AS3810IPRO, AS3820IPRO, AS3850IPRO), estas foram caracterizadas com valores acima da média para número de dias para o florescimento, número de vagens e número de dias para maturidade. Valores de produtividade, altura e peso de 1000 sementes resultaram em valores menores que a média de todas as cultivares analisadas.

Para o grupo 2, no qual é composto pelas cultivares 10, 18, 28, 31 e 32 (CD2820IPRO, M8210IPRO, NS8338IPRO, TMG2181IPRO, TMG2183IPRO) foi o grupo mais estável e homogêneo, mantendo-se na média para as características de produtividade, número de dias para o florescimento, altura de inserção da primeira vagem, número de nós e número de vagens.

O Grupo 3 formado pelas cultivares 14 e 24 (M7211RR, M8766RR), foi superior à média, apenas para as características: altura de plantas na maturidade e altura de inserção da primeira vagem.

O Grupo 4 com as cultivares 3, 13, 16, 17, 19 e 29 (AS3797IPRO, M7110IPRO, M7739IPRO, M8133IPRO, M8349IPRO, RK7814IPRO), apresentou valores acima da média para: produtividade, altura de inserção da primeira vagem e peso de 1000 sementes.

O grupo 5 composto pelas cultivares 9, 11, 15 e 20 (CD2728IPRO, M6952IPRO, M7639RR, M8372IPRO) obteve valores acima da média para peso de 1000 sementes, número de nós e número de dias para florescimento.

O grupo 6 foi composto apenas pela cultivar 26 (M8867RR) com número de nós, número de dias para o florescimento e número de dias para maturidade com valores acima da média, a cultivar se destacou pelo maior número de vagens em relação às demais, porém, para a produtividade e peso de 1000 sementes, os valores médios obtidos foram os mais baixos.

O Grupo 7 representado apenas pela cultivar 23 (M8615IPRO), apresentou número de dias para florescimento, número de dias para maturidade, altura na maturidade e altura de inserção da primeira vagem com valores acima da média e com valores abaixo da média para produtividade, número de vagens, número de nós e peso de 1000 sementes. Os grupos 6 e 7 podem ser classificados como os grupos de menor importância devido ao distanciamento dos valores médios gerais e os resultados insatisfatórios para peso de 1000 sementes e produtividade.

O grupo 8 constituído pelas cultivares 7, 8 e 27 (AS7307RR, AS8197RR, M9056RR), apresentou apenas: produtividade e número de dias para maturidade com valores acima dos valores médios.

O grupo 9 formado pelas cultivares 2 e 12 (AS3680IPRO, M6972IPRO), apresentou os melhores valores para peso de 1000 sementes, produtividade e número de nós. Já para altura de inserção da primeira vagem, número de vagens, número de dias para florescimento e número de dias para maturidade, o grupo apresentou valores abaixo dos valores médios, este pode ser considerado o grupo que diferenciou as cultivares com os maiores valores médios para os caracteres agronômicos avaliados. Outros caracteres de importância que estas cultivares apresentaram foram a precocidade apresentando ciclo curto.

Por fim o grupo 10, formado pelas cultivares 21, 22 e 25 (M8473IPRO, M8527RR, M8808IPRO), apresentou valores acima da média para número de dias para o florescimento, número de dias para maturidade, número de vagens, altura e número de nós, porém, apresentou valores abaixo da média para produtividade, altura de inserção da primeira vagem e peso de 1000 sementes.

A partir dos dados apresentados, pode-se afirmar que os resultados apresentados pelo método de agrupamento não hierárquico de K-médias foram parcialmente semelhantes com a análise de componentes principais, pois a cultivar 23 (M 8615IPRO) que se destacou somente para APM em análise de componentes principais quando submetido a análise de K-médias destacou-se tanto para APM, quanto para NDF, NDM, AIV. Ainda neste contexto, os resultados das análises de componentes principais e K-médias identificaram e selecionaram no mesmo grupo as cultivares 2 e 12 para PD e P1000, indicando a complementariedade entre as técnicas exploratórias multivariadas na seleção de cultivares com caracteres agronômicos favoráveis.

Barbosa et al. (2013), concluíram que as técnicas multivariadas de análise de agrupamento e componentes principais são ferramentas eficientes para discriminar lotes de sementes de soja. Resultados semelhantes em relação aos métodos multivariados foram obtidos por Vianna et al. (2013), em estudo de influência de caracteres agronômicos na seleção de genótipos de soja com resistência à ferrugem asiática. Segundo Leite (2016), a análise de agrupamento de modo geral, auxilia o melhorista quanto à utilização de um

grupo específico de genótipos, de acordo com a característica buscada, o que possibilita a utilização dos mesmos, em cultivos comerciais ou para a composição de hibridações.

A efetividade e concordância das análises multivariadas têm sido demonstradas por alguns autores em programas de melhoramento genético da soja, através da utilização das técnicas de componentes principais, métodos de agrupamentos K-médias na cultura da soja (VILLELA, 2014; TORRES et al., 2015; PEREIRA, 2016; SIMIONI, et al. 2016).

4.2 Qualidade fisiológica de sementes

Os resultados das análises em laboratório para determinação da qualidade fisiológica das sementes produzidas demonstraram que as cultivares se diferenciaram entre si, apresentando efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade (Tabela 4), para dano mecânico (D.M), dano causado por umidade (D.U), dano causado por percevejo (D.P) e vigor (VIG), tais análises foram determinadas pelo teste de tetrazólio, envelhecimento acelerado e germinação.

Os caracteres avaliados mostraram-se promissores para diferenciação e seleção de genótipos, objetivando compor um programa de melhoramento genético voltado para seleção de cultivares comercialmente superiores para qualidade fisiológica de sementes e produtividade, pois, por meio do teste de médias, os coeficientes de variação (CV %) resultantes, estiveram abaixo de 12% indicando uma boa precisão experimental.

As médias gerais apresentadas para vigor, germinação e envelhecimento acelerado demonstraram que 95% das cultivares em estudo caracterizaram-se com alto potencial fisiológico de sementes.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância com os quadrados médios e respectivas significâncias em relação à: dano por percevejo (D.P), dano mecânico (D.M), dano por umidade (D.U), vigor (VIG), envelhecimento acelerado (EA) e germinação (GR), para 32 cultivares comerciais brasileiras de soja.

FV	GL	D.P¹	D.M¹	D.U¹	VIG (%)²	EA (%)²	GR (%)²
Cultivares	31	1,37*	2,28*	1,42*	0,005*	0,03*	0,003*
CV%³		8,48	7,12	11,35	1,22	2,46	1,05
Média Geral		2,81	8,69	3,30	81,74	83,93	86,88

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$)

¹ Análise de variância com dados transformados em $\sqrt{(x+1)^{0,5}}$

² Análise de variância com dados transformados em $\arcsin \sqrt{(x / 100)}$

³ Médias originais, sem transformação em $\arcsin \sqrt{(x / 100)}$

Observa-se na Tabela 5 as médias para todas as variáveis avaliadas, onde foi possível diferenciar as cultivares pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade.

Tabelas 5 - Médias de: dano por percevejo (D.P), dano mecânico (D.M), dano por umidade (D.U), vigor % (VIG), envelhecimento acelerado % (EA) e germinação % (GR),.

	Cultivares	D.P	D.M	D.U	VIG (%)	EA (%)	GR (%)
1	98Y28IPRO	2,47 e	6,69 g	2,47 f	85,14 b	88,03 b	88,99 c
2	AS 3680IPRO	0,00 g	21,95 b	7,72 b	70,58 e	71,03 g	75,03 f
3	AS 3797IPRO	3,73 d	6,47 g	0,00 g	87,87 a	84,60 d	88,03 c
4	AS 3810IPRO	2,73 e	3,71 h	4,16 d	84,96 b	90,45 b	90,06 b
5	AS 3820IPRO	0,00 g	6,69 g	4,97 d	84,78 b	87,21 c	87,37 c
6	AS 3850IPRO	4,19 d	9,97 e	2,10 f	81,60 c	82,75 d	84,24 d
7	AS 7307RR	2,47 e	6,42 g	0,40 g	89,30 a	91,78 a	93,10 a
8	AS 819RR	2,73 e	8,41 f	3,96 d	78,61 d	83,31 d	86,53 c
9	CD 2728IPRO	1,00 f	4,94 h	0,67 g	88,35 a	92,19 a	93,10 a
10	CD 2820IPRO	2,23 e	3,71 h	1,22 g	89,45 a	91,78 a	92,19 a
11	M 6952IPRO	1,00 f	10,18 e	5,48 d	79,22 d	74,37 f	86,36 c
12	M 6972IPRO	0,00 g	18,45 c	6,49 c	78,61 d	83,13 d	83,68 d
13	M 7110IPRO	0,00 g	12,94 d	1,00 g	84,60 b	85,67 c	89,91 b
14	M 7211RR	3,73 d	5,23 h	1,92 f	88,19 a	90,79 a	90,79 b
15	M 7639RR	3,65 e	8,70 f	3,85 d	81,02 c	84,24 d	86,01 c
16	M 7739IPRO	2,23 e	6,69 g	9,74 a	75,89 d	80,03 e	84,24 d
17	M 8133IPRO	2,00 e	29,97 a	1,71 f	60,63 e	68,97 g	73,72 f
18	M 8210IPRO	1,22 f	10,65 e	3,14 e	82,94 c	87,37 c	89,91 b
19	M 8349IPRO	0,00 g	9,67 e	5,24 d	81,80 c	83,50 d	86,53 c
20	M 8372IPRO	2,00 e	8,70 f	8,20 b	75,46 d	69,89 g	80,82 e
21	M 8473IPRO	8,98 b	3,45 h	0,00 g	85,49 b	90,65 a	91,08 b
22	M 8527RR	2,73 e	5,95 g	3,14 e	84,96 b	85,84 c	88,35 c
23	M 8615IPRO	4,74 d	5,95 g	3,96 d	81,41 c	87,04 c	88,83 c
24	M 8766RR	10,49 a	4,94 h	0,40 g	77,99 d	88,99 b	87,70 c
25	M 8808IPRO	5,32 d	6,95 g	6,43 c	75,89 d	77,37 e	84,05 d

	Cultivares	D.P	D.M	D.U	VIG (%)	EA (%)	GR (%)
26	M 8867RR	2,73 e	5,00 h	2,19 f	85,67 b	84,29 c	89,45 b
27	M 9056RR	7,32 c	5,68 g	1,71 f	78,82 d	81,60 d	86,19 c
28	NS 8338IPRO	6,00 c	12,00 d	2,00 f	77,00 d	75,50 e	83,50 d
29	RK 7814IPRO	1,00 f	7,80 f	5,67 c	82,56 c	84,42 d	86,19 c
30	ST 797IPRO	0,00 g	8,48 f	3,17 e	83,31 c	84,42 d	86,19 c
31	TMG2181IPRO	3,48 d	5,68 g	0,67 g	88,67 c	83,31 d	85,49 d
32	TMG2183IPRO	2,23 e	4,32 h	1,00 g	88,03 a	89,76 b	89,45 b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott,

Para a característica dano por percevejo as cultivares 2, 5, 12, 13, 19, 30 (AS 3680IPRO, M 6972IPRO, M 7110IPRO, M 8349IPRO, ST 797IPRO, AS 3820IPRO), apresentaram maior resistência a este tipo de dano, em contrapartida, as cultivares 21, 24, 27 (M 8766RR, M 8473IPRO, M 9056RR) resultaram em maior taxa de danos por percevejos. Danos causados por insetos polípagos podem afetar diretamente a produção final de culturas como a soja, devido ao grande número de sementes abortadas ou má formação das vagens atingindo drasticamente a qualidade fisiológica de sementes. Guedes et al. (2012), relatam que a presença de um percevejo por metro quadrado, pode causar perdas de até $125 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na ausência de um controle eficaz das pragas, os agricultores tendem a realizar aplicações de 'segurança' aumentando o risco de resistência, além de aumentar a população de pragas secundárias, interrupção da ação de predadores naturais, alteração na dinâmica de pragas para as culturas existentes e poluição ambiental (EMBRAPA, 2014). Uma estratégia alternativa, ou complementar ao uso consciente de inseticidas, provém de pesquisas objetivando o melhoramento de plantas de forma a torná-las mais resistentes aos insetos-pragas (CARVALHO, 2015).

Para a variável dano por umidade grande parte das cultivares apresentaram sensibilidade a esta característica, a taxa de sensibilidade das cultivares ficaram entre os valores 0 a 9,74%. A exposição das sementes de soja a intempéries climáticas abrange, entre outras condições, períodos de seca, extremos de temperatura durante a maturação e fortes flutuações das condições de umidade ambiente, facilitando o aparecimento de semente com altos índices de deterioração por umidade (FRANÇA NETO et al., 2005). Pesquisas envolvendo determinadas características que possam promover maior resistência a cultura da soja à períodos de estresses climáticos, indicam que a quantidade de lignina presente no tegumento das sementes é um fator determinante para que as cultivares tenham maior resistência à períodos de estresses abióticos. Huth et al. (2016), analisando a susceptibilidade à deterioração por umidade e ao estresse oxidativo em sementes de soja, determinaram via teste de tetrazólio que quanto maior o teor de lignina no tegumento, menos susceptíveis serão as sementes por dano causado por umidade, percevejos e impactos mecânicos. As cultivares 9, 10, 21, 32 (M 8473IPRO, CD 2820IPRO, TMG2183IPRO, CD 2728IPRO) que apresentaram menor dano por umidade e também foram as que resultaram em menor dano mecânico. A semente de soja é suscetível ao dano mecânico porque seu eixo embrionário está situado sob

tegumento pouco espesso, que praticamente não oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984). Por outro lado, a susceptibilidade do tegumento da semente ao dano mecânico se constitui num caráter importante para a definição da qualidade de sementes de soja, estando intimamente relacionado com a constituição genética da semente (CARBONELL, 1991). Ainda de acordo com o mesmo autor, o dano mecânico constitui um dos fatores limitantes à produção de sementes de soja, em função das atividades mecanizadas durante a colheita, beneficiamento, armazenamento, transporte e operações de semeadura, as sementes estão sujeitas a uma série de injúrias, refletindo na diminuição do poder germinativo e vigor, resultando em plântulas débeis, com baixa capacidade de competição com as demais plantas da aérea, mais predispostas ao ataque insetos-pragas e doenças, prejudicando a população inicial.

Para o vigor das sementes, as cultivares que apresentaram porcentagens mais altas foram: 9, 10, 3, 7, 14, 31, 32 (CD 2728, CD 2820, AS 3797IPRO, AS 7307RR, M 7211RR, TMG 2181IPRO, TMG 2183IPRO), demonstrando potencial para produção de sementes com alta qualidade fisiológica. Enquanto que as cultivares 2, 17, 28 (AS 3680IPRO, NS 8338IPRO, M 8133IPRO) apresentaram menor índice de vigor, a cultivar 2 (AS 3680IPRO) é importante ser destacada, pois foi a cultivar mais sensível ao dano mecânico. Juvino et al. (2014) avaliando o vigor de sementes de soja via teste de tetrazólio também encontraram lotes com germinação abaixo de 80%, considerando esses como lotes de baixo vigor. Obando Flor et al. (2004), verificaram que as cultivares mais susceptíveis ao dano mecânico resultaram também em um menor vigor, o que também foi observado neste estudo.

O vigor das sementes torna-se fundamental para o estabelecimento adequado da cultura e, conseqüentemente, obtenção de alto desempenho agrônômico, já que as sementes de soja com altos índices de viabilidade e vigor garantem maior uniformidade no estande final, menos falhas na semeadura, redução da necessidade de replantio e, portanto, aumento da produtividade, gerando mais renda aos agricultores (PASCUALI, 2012).

Quanto a análise feita via teste de envelhecimento acelerado, possibilitou o agrupamento das cultivares em sete grupos. Para as cultivares 9, 10, 7, 32, 14 (CD 2728IPRO, CD 2820IPRO AS 7307RR, TMG2183IPRO, M 7211RR, M 8473IPRO), demonstraram uma resistência maior as condições adversas de temperaturas elevadas e alta umidade, nos quais foram submetidos, enquanto que as cultivares

20, 28, 2, 17 (M 8372IPRO, NS 8338IPRO, AS 3680IPRO, M 8133IPRO) resultaram em valores compreendidos entre 71% a 68%, demonstrando sensibilidade. Mathias et al. (2017) encontraram valores próximos aos encontrados neste trabalho para vigor, com índices entre 97% e 62 % em duas safras comerciais de soja. Bagateli (2015) avaliando o desempenho produtivo de soja originada de lotes entre 65% a 95% de vigor via teste de envelhecimento acelerado, conclui que o acréscimo no vigor das sementes provoca incrementos lineares no crescimento das plantas, no número de legumes por planta, no número de sementes por planta, na massa de mil sementes e na produtividade da soja. Cargnelutti Filho, Storck e Dal'col (2003), avaliando diferentes testes de vigor para seleção de progênies, chegou à conclusão que o teste de envelhecimento acelerado é o mais eficiente na seleção de progênies, pois tal análise apresentou elevada correlação fenotípica maior que 80 % em relação aos testes de germinação, primeira contagem e massa de matéria seca de plântulas. Martins et al. (2016), destacaram o teste de envelhecimento acelerado e o teste de germinação, como os métodos mais eficientes para seleção entre linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo, pois encontraram diferenças significativas e alta herdabilidade próximo a 100%, enfatizando que existe a possibilidade de ganhos com a seleção através de caracteres relacionados a qualidade de sementes.

Em relação ao teste de germinação, as cultivares em estudo foram agrupadas em 6 grupos, a diferença entre a maior e a menor média observada foi de aproximadamente 20%. As cultivares 9, 10, 7, 32 (CD 2728IPRO, CD 2820IPRO, AS 7307RR e TMG2183IPRO) apresentaram os valores mais elevados para germinação, enquanto que as cultivares 2 e 17 (AS 3680IPRO, M 8133IPRO), resultaram em valores abaixo de 80% (porcentagem de germinação mínima de lotes de semente genética), portanto, tais cultivares não podem ser sugeridas como possíveis parentais visando qualidade fisiológica de sementes para um programa de melhoramento genético.

4.3 Análise Multivariada dos Dados Fisiológicos

Conforme observado na Tabela 6 e 7, as variáveis que contribuíram para a maior retenção de variância total em CP1 foram: germinação, vigor, viabilidade, envelhecimento acelerado e dano mecânico, retendo 57,06%. Os fatores dano por

umidade, dano por percevejo e produtividade foram as variáveis que não contribuíram para a variação acumulada em CP1. O segundo componente principal (CP2) reteve da variância de 17, 60%, atribuída as variáveis: dano por percevejo e produtividade.

Tabela 6 - Matriz de correlação de autovalores e estatística para as variáveis de qualidade fisiológica e produtividade.

Número do autovalor	Autovalor	Variância total (%)	Autovalor acumulado	Variância acumulada (%)
1	4,56	57,06	4,56	57,06
2	1,41	17,60	5,97	74,66
3	0,79	9,91	6,77	84,57
4	0,74	9,28	7,51	93,84
5	0,27	3,35	7,78	97,20
6	0,12	1,47	7,89	98,67
7	0,07	0,86	7,96	99,53
8	0,04	0,47	8,00	100,00

No primeiro componente principal observa-se que as variáveis: vigor, viabilidade, envelhecimento acelerado e germinação foram inversamente proporcionais à variável dano mecânico (Tabela 7). Segundo Hair et al. (2009), as correlações de sinais iguais significam que as variáveis são relacionadas positivamente, e as com sinais opostos negativamente, então, implica-se que a variável dano mecânico possui efeito direto na diminuição da germinação, vigor e viabilidade em sementes de soja. Lopes et al. (2011), avaliando o dano mecânico em colheita e beneficiamento de soja, também encontraram efeito direto entre a porcentagem de dano mecânico na menor qualidade fisiológica de sementes por meio do teste de tetrazólio que mostrou diferenças significativas.

No segundo componente principal observa-se o mesmo comportamento para as variáveis dano por percevejo e produtividade, confirmando que a má formação das vagens e sementes, retenção foliar nas plantas e retardamento de colheita, pode afetar diretamente a produtividade de soja.

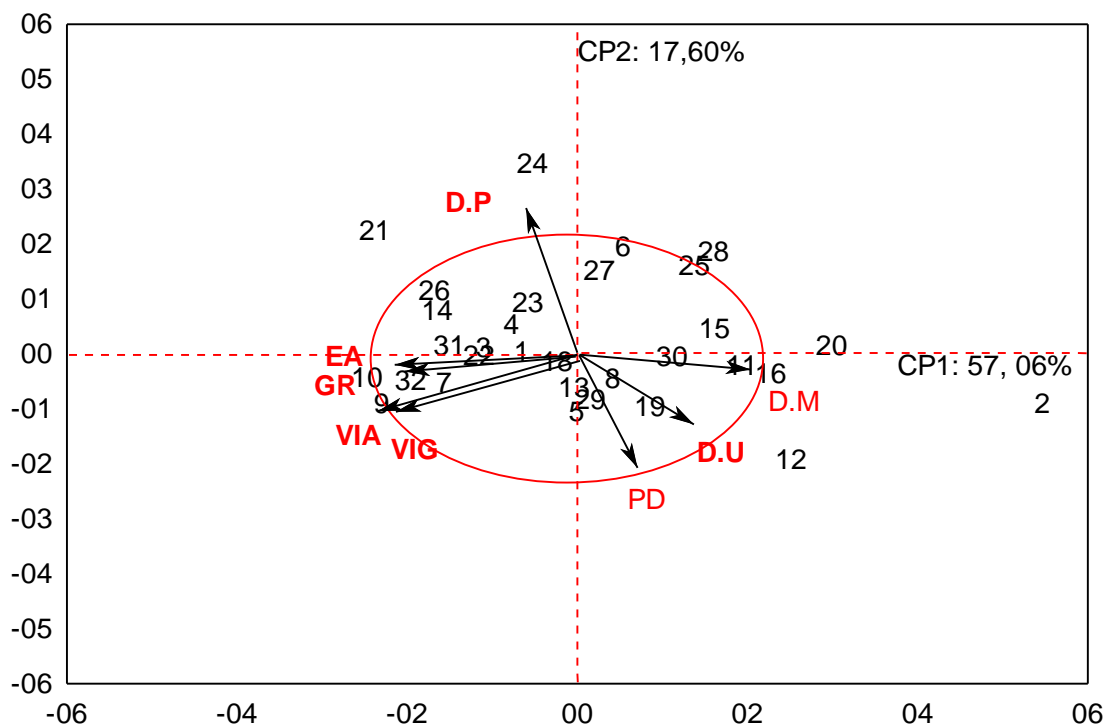
Assim em concordância com Degrande e Vivan (2012), o efeito da alimentação por sugadores de sementes, quer seja econômico (redução da produtividade da cultura no campo) ou ecológico (redução da aptidão da planta), resulta em morte dos embriões e enfraquecimento das sementes e, conseqüentemente, diminui a viabilidade, germinação, vigor e produtividade.

Tabela 7 – Correlação entre as variáveis para qualidade fisiológica de sementes e produtividade com os componentes principais.

Variáveis	CP1	CP2
D,M	0,84	-0,08
D,U	0,59	-0,38
D,P	-0,24	0,81
VIG	-0,92	-0,31
VIA	-0,90	-0,28
EA	-0,91	-0,07
GR	-0,94	-0,09
PD	0,30	-0,64

O plano bidimensional formado pelos componentes CP1 (57,06%) e CP2 (17,60%), no total reteve 74,66% da variância original (Figura 6), apresentando 10 cultivares localizadas nas extremidades, ou seja, estas apresentaram valores superiores para alguma das variáveis em estudo.

Figura 6- Gráfico biplot com dispersão das 32 cultivares de soja em função dos componentes principais CP1 e CP2, contendo a projeção dos vetores das variáveis: D.M: dano mecânico, D.U: dano por umidade, D.P: dano por percevejo, VIG: vigor, VIA: viabilidade, EA: envelhecimento acelerado, GR: germinação, PD: produtividade

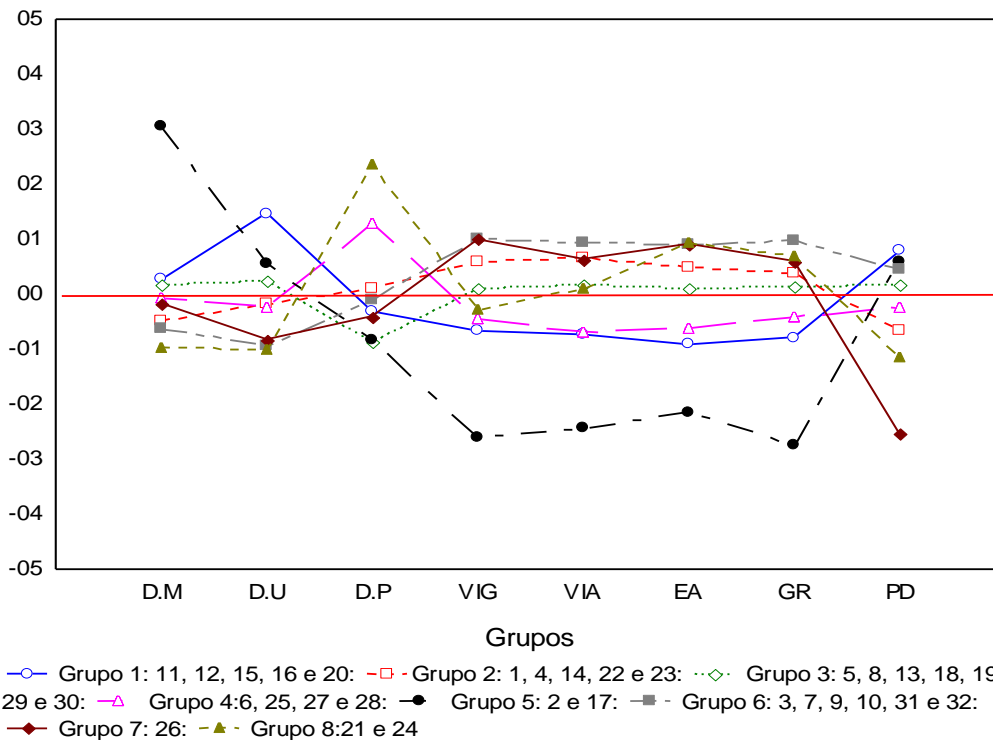


As cultivares 9 e 10 (CD 2728IPRO, CD 2820IPRO), se distanciaram do centro do sistema de coordenadas do gráfico biplot, estas destacaram-se por obter os melhores resultados para GER, EA, VIGOR, VIAB. Embora as cultivares 7 e 32 (AS 7307RR, TMG2183IPRO), estejam inseridas no centro do sistema de coordenadas, as mesmas se aproximam das extremidades para variáveis favoráveis à qualidade fisiológica de sementes, portanto, também podem ser consideradas de alto potencial fisiológico.

De acordo com as observações na Figura 6, as cultivares que apresentaram maior susceptibilidade para dano mecânico, dano por umidade e dano por percevejo foram 2, 12, 16, 20 21, 24, (AS 3680, M 6972IPRO, M 7739IPRO, M 8766RR), sendo assim, tais cultivares não se caracterizam como parentais potenciais para um programa de melhoramento visando aumentar a qualidade fisiológica de sementes neste estudo.

A análise de agrupamento pelo método de K-médias, foi realizada através da mesma rotina estatística aplicada para os caracteres agronômicos. A análise permitiu a formação de 8 grupos (Figura 7).

Figura 7 – Gráfico do perfil da distribuição dos centróides dos grupos na análise de agrupamento por K-médias, formados a partir das variáveis: D.M: dano mecânico, D.U: dano por umidade, D.P: dano por percevejo, VIG: vigor, VIA: viabilidade, EA: envelhecimento acelerado, GR: germinação, PD: produtividade.



Os grupos 1, 5 e 4 apresentaram os valores mais críticos para VIG, VIA, EA e GR, ou seja, as cultivares que fazem parte destes grupos, são inviáveis para a seleção em função da qualidade fisiológica de sementes. O grupo 2 apresentou valores acima dos valores médios das outras cultivares analisadas para as variáveis VIGOR, VIA, EA, GERM, porém, resultou em valores médios de produtividade abaixo do esperado.

O grupo 3, foi o mais homogêneo e estável para as variáveis D.M, D.P, VIGOR, VIA, EA, GR, PD, apresentando valores médios similares entre estas variáveis.

O melhor grupo para características que promovam a qualidade fisiológica de sementes foi o grupo 6, composto pelas cultivares: 3, 7, 9, 10, 31 e 32 (AS 3797IPRO, AS 7307RR, CD 2728IPRO, CD 2820IPRO, TMG2181IPRO, TMG2183IPRO). Tal grupo também apresentou valores satisfatórios de produtividade.

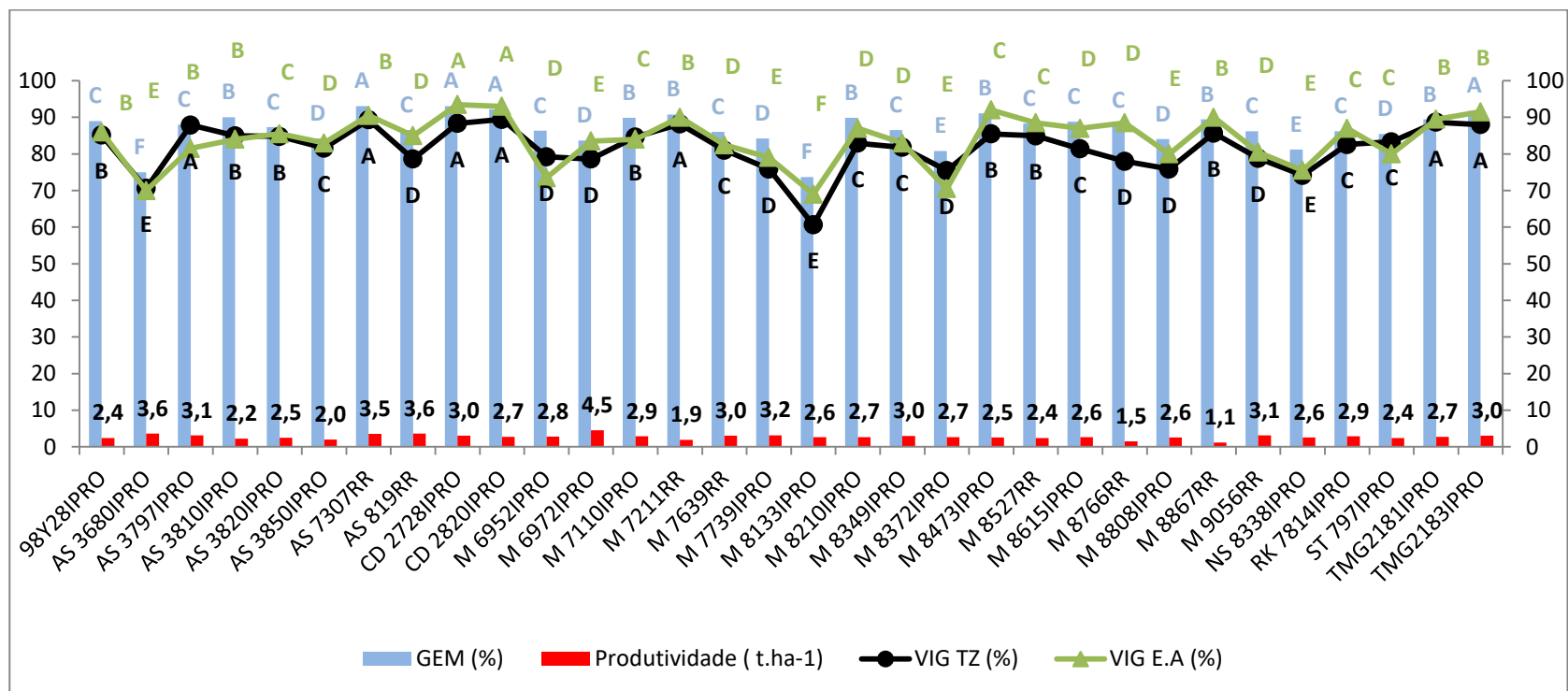
Os grupos 7 e 8, embora tenham apresentando valores acima da média para características de qualidade fisiológica, foram os dois grupos que resultaram em

menores médias de produtividade, sendo então estas cultivares preferencialmente não selecionados.

Os resultados obtidos por K-médias concordam com a análise feita por componentes principais, distinguindo as mesmas cultivares com maior ou menor potencial fisiológico, confirmando a eficácia e concordância entre as análises multivariadas. O resultado dos agrupamentos por K-médias auxilia na seleção ou descarte de cultivares que possuem características desejáveis para um programa de melhoramento genético, tais análises têm sido utilizadas por autores na seleção de materiais de soja superiores (PEREIRA 2016, VIANNA et al., 2013; SILVA, 2015).

Para as principais variáveis que determinam a qualidade fisiológica de sementes: germinação, vigor (TZ) e vigor (EA), foram apresentadas na Figura 8, bem como a produtividade em t. ha⁻¹ para as cultivares em estudo.

Figura 8 – Resultados de produtividade, germinação, vigor (TZ) e vigor (EA) de 32 cultivares comerciais de soja produzidas na safra 2015_2016



Observa-se que as cultivares que resultaram em maiores produtividades não foram as que obtiveram os melhores resultados para a qualidade fisiológica de sementes. Algumas cultivares de soja, apesar de altamente produtivas apresentam problemas de qualidade de sementes dificultando assim a recomendação e permanência no mercado (GODOI et al. 2002, RIGGON, 2013).

Genótipos de soja com alta produtividade não garantem que os mesmos tenham resistência ao complexo de percevejos e produzam sementes com alta qualidade fisiológica (SILVA, 2015 b).

A qualidade fisiológica de sementes de soja é em grande parte influenciada pelo genótipo, efeitos gênicos aditivos e não aditivos que influenciam a espessura das camadas da testa e de lignina em sementes de soja Menezes, et al. (2009)., sendo fatores diretamente relacionados a resposta do potencial fisiológico entre as cultivares, podendo assim existir diferenças na qualidade fisiológica de sementes entre cultivares, mesmo que produzidas em um único local e época.

Por este motivo é fundamental o melhoramento genético voltado para produção de cultivares que apresentem alto potencial fisiológico e boa capacidade de produção de sementes

5 CONCLUSÕES

O uso de análise multivariadas é adequado para selecionar cultivares de soja com base em caracteres agronômicos e qualidade fisiológica de sementes.

As cultivares que apresentaram maiores valores para a qualidade fisiológica de sementes não foram as que apresentaram as produtividades mais elevadas.

As cultivares AS 3797IPRO, AS 7307RR, CD 2728IPRO, CD 2820IPRO, TMG2181IPRO e TMG2183IPRO, foram selecionadas como possíveis parentais para compor o bloco de cruzamentos (hibridações) em um programa de melhoramento genético direcionado à região dos Cerrados, por apresentar alto potencial fisiológico e produção de sementes satisfatória.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA NETO, F. **Marcadores microssatélites na identificação de cultivares de soja**. 2001. 46f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- ALCÂNTARA NETO, F. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. 2011. **Comunicata Scientiae**, 2:107-112.
- ALENCAR, B. J. de; BARROSO, L. C.; ABREU, J, F. Análise Multivariada de Dados no Tratamento da Informação Espacial: uma abordagem com análise de Agrupamentos. **Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática**, Buenos Aires, v. 10, n. 2, p. 6-12, 2013.
- ANDRADE, A. C. B. et al. Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach. **African Journal of Agricultural Research**, Ebène, v. 11. n. 1, p. 23-31, 2016.
- ANDREOLI, C. The simplified equation to predict storability of maize and soybean seeds. In: TAYLOR, A.G.; HUANG, XL. (Ed.). **Progress in Seed Research. Proceedings of the International Conference on Seed Science and Technology**. Zhongshan University, Guangshou, China p.186-198. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY. 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS **Seed vigor testing handbook**. Contribution n. 32 to the handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts. Lincoln, 93 p. 1983.
- BAGATELI, J. R. **Desempenho produtivo da soja originada de lotes de sementes com diferentes níveis de vigor**. 34f. 2015. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, 2015.
- BARBOSA, R, M, et al. Discrimination of soybean seed lots by multivariate exploratory techniques. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 302-310, 2013.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum, 445 p. 1994.

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

BONATO, A. L. V. et al. Genetic similarity among soybean [Glycine max (L) Merrill] cultivars released in Brazil using AFLP markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, n. 4, p. 692-704, 2006.

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

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária – Brasília: Mapa, 2009. 399 p.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da soja. In: Simpósio sobre cultura e produtividade da soja, 1., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 129-142.

CARBONELL, S.A.M. **Metodologia para seleção de genótipos de soja com semente resistente ao dano mecânico**. 1991. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1991.

CARGNELUTTI FILHO A.; STORCK L. E DAL'COL, A.L. Ajustes de quadrado médio do erro em ensaios de competição de cultivares de milho pelo método de Papadakis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p. 467-473, 2003.

CARVALHO, M. N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**, 5. Ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, O. L. **Seleção e desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao complexo de percevejos**. 2015. 79f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de Safra de Grãos 2016**. Disponível em:<
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_bol_etim_graos_junho__2016_-_final.pdf>. Acesso em: 5 out. 2016.

CRUZ C, D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C, D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 579p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, J. A. **Modelo biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. 585 p.

CRUZ, C, D.; FERREIRA, F, M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620 p.

CRUZ, C.D. **Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

CRUZ, C, D., REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV: Viçosa, 2004. 279 p.

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

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. **Extrato de parecer nº 2542/2010**. Disponível em: <
<http://ctnbio,mcti.gov.br/documents/566529/686342/Extrato+de+Parecer+n%C2%BA%202542,2010,pdf/3f5030f6-c71d-4999-9504-72239fc4f9c4?version=1,0> > Acesso em: 9 dez. 2016.

DALLASTRA, A. et al. Multivariate approach in the selection of superior soybean progeny which carry the RR gene. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 588-597, 2014.

DEGRANDE, E. P.; VIVAN, M. L. **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012**. Disponível em:
http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/21/21/5385dc2c47c064f727a0d39a094cf2b093463e25dcf50_08-pragas-da-soja_432333550.pdf. Acesso em: 27 abr. 2017.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v.1, p.427-452, 1973.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Revista Seed News**. Pelotas, RS, v. 6, n. 6, p.24-31. 2002.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. The quantification of aging and survival in Taxa de deterioração da semente orthodox seeds. **Seed Science and Technology**, Zurique, v. 9, p. 373- 409, 1981.

EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja- região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

FARIA, A. P. et al. Ganho genético na cultura da soja. Genetic gain in soybean crop, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 71-78, 2007.

FEDERIZZI, C. L. **A soja como fator de competitividade no Mercosul: histórico, produção e perspectivas futuras**. Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios - CEPAN/UFRGS. 2005.

FEHR, W. P. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 536 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, J. A. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University. Special Report, n. 80, 1977. 11 p.

FERRAUDO, A. S. **Técnicas de análise multivariada – uma introdução**. Treinamento: Jaboticabal, 2014.

FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. Lavras: UFLA. 2. ed. 2011. 676 p.

FRANÇA-NETO, J. B. et al. Tecnologia de produção de sementes. In: EMBRAPA SOJA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina, 2000.

FRANÇA NETO, J. B. et al. **Mini-curso tecnologia produção de soja de alta qualidade**. 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/>>

bitstream/item/30670/1/minicurso01.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2017.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Sementes esverdeadas de soja e sua qualidade fisiológica. Londrina: Embrapa M.F. ZORATO et al. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, nº 1, p.01-10, 2007 10 Soja, 2005. 8p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 38).

FRANÇA-NETO, J. B. et al. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Circular Técnica 40. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p.

FRANÇA-NETO, J. B. et al. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Teste de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de semente de soja**. Circular Técnica 9. Londrina: EMBRAPA Soja, 1984.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 116)

GARCIA, A. et al. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. Circular técnica n.51. Embrapa, 2007.

GODOI, C.R.C. et al. Resistência a insetos em populações de soja com diferentes proporções gênicas de genitores resistentes. **Pesq. Agrop. Trop.** Goiânia, v.32, n. 1, p. 47 - 55, junh 2002.

Gomez, G. M. **Abordagem genética e multivariada na performance agrônômica de genótipos de soja oriundos de diferentes genealogias**. 2014, 79 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

GOMÉZ, S. R. D. et al. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100p.

GRABE, D. F. **Manual do teste de tetrazólio em sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 85 p.

GRIS, C. F. et al. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p.374-381, 2010.

GROLI, E. L. **Seleção de genótipos de soja com alto potencial agrônomico e resistência ao complexo de percevejos**. 2016. 41 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016.

GUEDES, J. V. C. et al. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo, **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.1, n.1, p. 28-34, 2012.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 6.ed. 2009.

HAMMAN, B.; EGLI, D.B.; KONING, G. Seed vigor, soil borne pathogens, preemergent growth, and soybean seedling emergence. **Crop Science**, v. 42, p. 451-457, 2002.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. International Seed testing Association, Zurich, 117 p. 1995.

HUTH, C. et al. Susceptibility to weathering damage and oxidative stress on soybean seeds with different lignin contents in the seed coat. **Journal Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, dez., p. 296-304, 2016.

HYMOWITZ, T.; SHURTLEFF, W. R. Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature. **Crop Science**, v. 45, p. 473-476, 2005.

HYTEN, D. L. et al. Impacts of genetic bottlenecks on soybean genome diversity. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, Ithaca, NY, v. 103, p. 16666-16671, 2006.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA.

Entendendo o mercado de soja. Disponível em:

<http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2015_06_13_Paper_jornalistas_boletins_Soja_Versao_Final_AO.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2016.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Germination. In:

International Rules for Seed Testing. Bassersdorf: ISTA, 2004.

JIANG, L. G. et al. Registration of 'Roberts' Soybean with High Yield and Good Quality. **Journal of Plant Registrations.** October 11, 2013. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/258520234_Registration_of_%27Roberts%27_Soybean_with_High_Yield_and_Good_Quality>. Acesso em: 21 jun. 2017.

JIANG, L. G. et al. Registration of 'Brookings' Soybean with High Yield and Good Seed Quality. **Journal of Plant Registrations.** May, 2, 2014. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/259567813_Registration_of_%27Brookings%27_Soybean_with_High_Yield_and_Good_Seed_Quality>. Acesso em: 21 jun. 2017.

JUVINO, K. N. A. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.8, p.844–850, 2014.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, n. 23, p. 187-200, 1958. In: LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Adv. Soil Science.** n. 1, p. 277-293, 1985.

Koppen, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra.** Fondo de Cultura Econômica, México, 1948. 479 p.

Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. **Fisiologia das árvores.** Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1960. 745 p.

KRICHBAUM, J. Quadro das sementes desde 1º de janeiro a 31 de dezembro de 1900. **Boletim da Agricultura**, São Paulo, 7. ed. 1900.

LEITE, W, de S. **Seleção de genótipos de soja portadores ou não do gene RR por meio de análise multivariada e desempenho agrônômico**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2016.

LYRA, W. S. et al. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 33, n. 7, p. 1594-1597, 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000700030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 maio 2017.

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

LIU, M. et al. Genetic diversity of Shaanxi soybean landraces based on agronomic traits and SSR markers. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 10, n. 24, p. 4823 – 4837, 2011.

LOPES, M, M, et al, Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Biociência Jornal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 230-238, mar. /apr., 2011.

MACHADO, C. F. **Procedimentos para a escolha de genitores de feijão**, 1999. 118f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**, Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F, C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.1-24, 1999.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2. ed., 2015, 660p.

MARTINS, C. C. et al. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 455- 461, 2016.

MATHIAS, V. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. - **REVISTA AGROAMBIENTE ON-LINE**, ed.3, v.11, p.223-231, 2017. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/viewFile/3894/2308>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

MATTA, L. B. et al. **Melhoramento genético da Soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) para baixo teor de ácido linolênico**. 2008. 58f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

MINSEN, G. A soja. **Revista Agrícola do Rio Grande do Sul**, Pelotas, RS, v.5, p. 2-4, 1901.

MIRANDA, Z. F. S. et al. Genetic characterization of ninety elite soybean cultivars using coefficient of parentage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 3, p. 363-369, 2007.

MONSANTO. **Uma biotecnologia criada para manter sua lavoura intacta**. Disponível em:< <http://www,intactarr2pro,com,br/a-intacta>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

MORAES, M. L. **Comportamento da pressão estática e da frente de secagem em uma coluna de sementes de arroz**. 2000. 50 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2000.

NAVARRO JÚNIOR, H.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.

OBANDO FLOR, E. P. et al. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, Paraná, 26. v., n.1, p. 68-76, 2004.

PADGETTE, S. R. et al. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, Madison, WI, n. 35, p.1451-1461, 1995.

PASCUALI, L. C. **Estimativa do potencial de armazenamento de soja, através do vigor das sementes**. 2012. 52f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

PELUZIO, J. M. et al. Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes condições edafoclimáticas. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, SP, v. 2, n. 3, p. 21-29, 2009.

PEREIRA, E. M. **Estratégias de seleção e efeito de armazenamento de sementes em populações segregantes de soja**. 2016. 79f. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

PIPER, C.V.; MORSE, W. J. **The soybean**. McGraw Hill Book Company, New York, NY, 1923. 310p.

PITTA, R. M. et al. Seleção de genótipos resistentes de amendoizeiro a *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: *Noctuidae*) com base em análises multivariadas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 2, 260-265 p., 2010.

POLLOCK, B.M.; ROOS, E.E. Seeds and seedling vigor. In: KOZLOWSKY, T.T. **Seed Biology**. New York: Academic Press, 1972, v.1, 313-387 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1977.

POWELL, A.; MATTHEWS, S. Towards the validation of the controlled deterioration vigor test for small seeded vegetables. **ISTA News Bulletin**, Zurique, v. 129, abril, p. 21-24, 2005.

RAO, A. V. et al. Genetic divergence among some brown planthopper resistant rice varieties. **The Indian Journal of Genetic Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, n. 2, p.179-185, 1981.

RIECHMANN, J. **Cultivo e alimentos transgênicos: um guia crítico**, Petrópolis: Vozes, 2002.

RIGON, J. P. G, et al. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p. 233- 240, 2012.

ROSSI, R, F. **Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja**, 2012. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas Câmpus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

SAMPAIO, S. C. **Soja**. São Paulo, Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, 1940, 43p.

SANTOS, R. E. et al. Divergência genética entre genótipos de soja com base na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, UFRPE, v. 7, n. 2, p. 247-254, mar, / jun, 2012.

SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R**. 2008. 130f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2008.

SEDIYAMA, T. et al. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Viçosa: Mecenias, v. 1, 2009. 314 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**, Londrina, p.1-5, 2015.

SILVA, F. M. **Estratégias de condução de populações segregantes de soja portadoras do gene RR e seleção por meio de análises uni e multivariada**. 2015. 76f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal. Jaboticabal, 2015 a.

SILVA, S, A.; LIMA, J. S. S. Avaliação da variabilidade do estado nutricional e produtividade de café por meio da análise de componentes principais e geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 271-277, 2012.

SILVA, T. A. C. **Qualidade de sementes e caracterização de genótipos de soja visando a resistência ao complexo de percevejos**. 2015. 114f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2015 b.

SIMIONI, J. F. et al. Relação entre indicadores econômicos e edáficos de qualidade do solo em lavouras de soja com ILP ou produção de grãos no inverno. **Ciência Rural**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 7, 2016.

STATSOFT. **Statistica (data analysis software system) version 7,0**. Disponível em: <www,statsoft,com>. Acesso em: 17 mar. 2017.

TEKRONY, D. M. et al. Predicting soybean seed germination during warehouse storage. **Seed Science and Technology**, Zurique, v. 21, p. 127-137, 1993.

TORRES, F. E. et al. Desempenho agrônômico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Rev, de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 111-117, 2015.

TUFFI, S. T. D. et al. Exsudação radicular de *glyphosate* por Braquiária e seus efeitos em plantas de eucalipto. In: **I Simpósio Internacional Sobre Glyphosate**, Botucatu - Brasil, Outubro, 2007.

VALLADARES, G, S, et al, Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 32, n, 1, p, 285-296, 2008.

VIANNA, V. F. et al. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. **African Journal of Biotechnology**, Kenya, Africa, v. 8, p. 4162-4169, 2013.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. 2005. 215 f. Monografia (especialização) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2005.

VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour - an important component of seed quality in Brazil. **ISTA - Seed Testing International**, n. 126, p. 21-22, 2003.

VILLELA, O. T. et al. Genetic divergence of roundup ready (RR) soybean cultivars estimated by phenotypic characteristics and molecular markers, **African journal of biotechnology**. Victoria Island, v.13, n.26, p. 2613-2625, 2014.

VOLF, R. M. et al. Produtividade da soja cultivada sobre diferentes coberturas de solo, e diferentes adubações. In: VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo Guarapari. **Anais...** Espírito Santo. Setembro. 2010.

WOLTZ, J. M; TEKRONY, D. M. Accelerated aging test for corn seed. **Seed Technology**, Arlington, v. 23, n. 1, p. 21-34, 2001.

WYSMIERSKI, T. P.; VELLO, A. N. The genetic base of Brazilian soybean cultivars: evolution over time and breeding implications. **Genetics and molecular biology**. Ribeirão Preto, SP, v. 36, n. 4, p. 540-546, 2013