

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LUCAS VINÍCIUS DALLACORTE**

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES RELACIONADOS A  
QUALIDADE DA SEMENTE EM CULTIVARES DE SOJA  
DISPONIBILIZADAS PARA CULTIVO ENTRE 1965 A 2011**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LUCAS VINÍCIUS DALLACORTE**

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES RELACIONADOS A  
QUALIDADE DA SEMENTE EM CULTIVARES DE SOJA  
DISPONIBILIZADAS PARA CULTIVO ENTRE 1965 A 2011**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

LUCAS VINÍCIUS DALLACORTE

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES RELACIONADOS A  
QUALIDADE DA SEMENTE EM CULTIVARES DE SOJA  
DISPONIBILIZADAS PARA CULTIVO ENTRE 1965 A 2011**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Coorientador: Prof. Dr. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues

**PATO BRANCO**

**2019**

**Dallacorte, Lucas Vinicius**

Progresso genético em caracteres relacionados a qualidade da semente em cultivares de soja disponibilizadas para cultivo entre 1965 a 2011 / Lucas Vinicius Dallacorte

**Pato Branco. UTFPR, 2018**

49 f. : il. ; 30 cm

**Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin**

**Coorientador: Prof. Dr. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.**

**Bibliografia: f. 41 – 54**

**1. Agronomia. 2. Soja 3. Tecnologia de sementes 4. Melhoramento genético. I. Benin, Giovani, orient. II. Rodrigues, Adriana Paula D'Agostini, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
*Campus Pato Branco*  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



TERMO DE APROVAÇÃO  
Trabalho de Conclusão de Curso – TCC

PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES RELACIONADOS A QUALIDADE DA  
SEMENTE EM CULTIVARES DE SOJA DISPONIBILIZADAS PARA CULTIVO  
ENTRE 1965 A 2011

por  
LUCAS VINÍCIUS DALLACORTE

Monografia apresentada às 14 horas 30 min. Do dia 11 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues**  
UTFPR *Campus Pato Branco*

**M.Sc. Anderson Simionatto Milioli**  
PPGAG-PB UTFPR - Doutorando

**Prof. Dr. Giovani Benin**  
UTFPR *Campus Pato Branco*  
Orientador

**Prof. Dr. Jorge Jamhour**  
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus Pato Branco-PR*, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho a minha família que proporcionou que eu realiza-se o curso de Agronomia, aos meus amigos, que sempre estiveram do meu lado nessa jornada e a Deus, que sempre serviu de amparo nos momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Claudinir e Lane Dallacorte, por todos os esforços prestados ao longo do meu curso, pelo apoio, valores familiares e educação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Giovani Benin, por sua valiosa orientação, aconselhamentos, dedicação e todos os conhecimentos transmitidos durante toda minha formação como Engenheiro Agrônomo.

Agradeço á todos os meus amigos que estiveram ao meu lado durante o curso, principalmente aos membros do laboratório de melhoramento genético que me auxiliaram na realização deste projeto e que auxiliaram na minha formação acadêmica.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pelo curso de Agronomia, proporcionando-me a oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal.

Encerrando, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse finalizar a minha graduação.

*“Eu acredito que há um herói em todos nós, que nos mantém honestos, nos dá forças, nos torna nobres. E finalmente nos deixa morrer com orgulho. Mesmo que às vezes precisemos nos manter firmes e desistir das coisas que mais queremos, mesmo os nossos sonhos.”*

( May Parker, **Homen-Aranha 2**. 2004)



## RESUMO

DALLACORTE, Lucas Vinicius. Progresso genético em caracteres relacionados a qualidade da semente em cultivares de soja disponibilizadas para cultivo entre 1965 a 2011. 49 f tcc (curso de agronomia), universidade tecnológica federal do paraná. Pato Branco, 2019.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] caracteriza-se como uma das principais culturas produzidas a nível mundial, sendo matéria-prima de inúmeros produtos na indústria alimentícia por ser uma importante fonte de óleo e proteína. Foi introduzida no Brasil em meados da década de 60, no estado do Rio Grande do Sul, onde foram observados incrementos em produtividade ao longo dos anos, resultado das melhorias das práticas de manejo e dos constantes esforços dos programas de melhoramento em disponibilizar cultivares mais produtivas e adaptadas aos produtores. No entanto, apesar dos aumentos crescentes de produtividade, ainda   necessário identificar se houve progresso genético para qualidade fisiológica de sementes ao longo dos anos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar cultivares brasileiras de soja, desenvolvidas em diferentes décadas, quanto a qualidade fisiológica de sementes. Para isso, foram avaliadas 28 cultivares de soja, disponibilizadas para cultivo entre os anos de 1965 e 2011. O experimento de campo foi conduzido em Pato Branco, na safra agrícola 2016/17. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repeti es. As unidades experimentais foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas 0,5 m entre linhas, com densidade de semeadura de 35 sementes m<sup>2</sup>. A aduba o de base foi realizada de acordo com a análise de solo e os tratos culturais de acordo com as recomenda es técnicas para a cultura. Os materiais foram colhidos no momento de maturaa o de campo. A avalia o da qualidade fisiológica foi realizada em pós colheita e com seis meses de armazenamento em temperatura ambiente. Foram avaliados os caracteres de comprimento e massa seca de plântulas, contagem de germina o plântulas normais e plântulas anormais em germina o padrão e envelhecimento acelerado,  ndice de velocidade de germina o, tempo médio de germina o, comprimento e massa seca de raiz e parte aérea de plântulas, e condutividade elétrica. As análises foram conduzidas no laboratório didático de análise de sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR *Campus* Pato Branco. Foi observado progresso genético negativo para o comprimento e massa seca de raiz de plântulas, de -0,26% e -0,12%, respectivamente, nas análises realizadas em pós colheita. No entanto, nas análises realizadas com sementes com seis meses de armazenamento, foi obtido progresso genético negativo de -0,29% para a variável massa seca de raízes.

**Palavras-chave:** Agronomia. Soja. Tecnologia de sementes. Melhoramento genético.

## ABSTRACT

DALLACORTE, Lucas Vinicius. Genetic progress in characters related to seed quality in soybean cultivars made available for cultivation between 1965 and 2011. 49 f. TCC (Course of Agronomy) – Federal University of Technology – Paraná. Pato Branco, 2018.

The soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] is characterized as one of the main crops produced worldwide, being the raw material of numerous products in the food industry because it is an important source of oil and protein. It was introduced in Brazil in the mid-1960s, in the state of Rio Grande do Sul, where productivity increases were observed over the years, as a result of improved management practices and the constant efforts of breeding programs to provide more productive cultivars adapted to producers. However, despite increasing productivity increases, it is still necessary to identify whether there has been genetic progress to physiological seed quality over the years. Thus, the objective of this work was to characterize Brazilian soybean cultivars, developed in different decades, regarding the physiological quality of seeds. For this, 28 soybean cultivars were evaluated, available for cultivation between 1965 and 2011. The field experiment was conducted in Pato Branco, in the 2016/17 crop season. The experimental design was a randomized complete block design with three replicates. The experimental units consisted of four rows of five meters in length, spaced 0.5 m between rows, with sowing density of 35 m<sup>2</sup> seeds. Base fertilization was carried out according to soil analysis and cultural treatments according to the technical recommendations for the crop. The materials were harvested at the time of field maturation. The evaluation of the physiological quality was performed in post harvest and with six months of storage at room temperature. Seedling length and dry mass characteristics, germination count, normal seedlings and abnormal seedlings in standard germination and accelerated aging, germination speed index, mean germination time, root length and dry mass of seedlings, and electrical conductivity. The analyzes were conducted in the didactic laboratory of seed analysis of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR *Campus* Pato Branco. Negative genetic progress was observed for seedling root length and dry mass of -0.26% and -0.12%, respectively, in post harvest analyzes. However, in the analyzes performed with seeds with six months of storage, negative genetic progress of -0.29% was obtained for the root dry mass variable.

**Keywords:** Agronomy, *Glycine max*. Seed vigor. Genetic improvement.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Série história da área plantada com soja no Brasil.....	19
Figura 2 – Série histórica produtividade da cultura da soja no Brasil.....	19
Figura 3 – Série histórica de produção de soja no Brasil.....	20
Figura 4 – Regressão linear para caracteres de Comprimento da parte radicular (A); Comprimento de parte aérea (B); Massa seca de raízes (C); Massa seca de parte aérea (D); Germinação de plântulas normais (E) e Germinação de plântulas anormais (F). Pato Branco, 2019...	33
Figura 5 — Regressão linear para caracteres de Plântulas normais em envelhecimento acelerado (A); Plântulas anormais em envelhecimento acelerado (B), Condutividade elétrica (C); Índice de velocidade de germinação (D); Tempo médio de germinação (E). Pato Branco, 2019. ....	34

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Cultivares de soja e respectivos anos de lançamento e empresas obtentoras. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2019..... 25
- Tabela 2 – Resumo da análise de Variância dos caracteres Comprimento radicular (CPR), Comprimento de parte aérea (CPPA); Massa seca de raiz (MSR); Massa seca de parte aérea (MSPA); Germinação de plântulas normais (GPN) e Plântulas anormais (PAN) Plântulas normais em envelhecimento acelerado (PNEA), Plântulas anormais em envelhecimento acelerado (PANEA), Condutividade elétrica (CE), Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) das 28 cultivares de soja avaliados sem armazenamento. Pato Branco, 2019..... 31
- Tabela 3 – Resumo da análise de Variância dos caracteres Comprimento radicular (CPR), Comprimento de parte aérea (CPPA), Massa seca de raízes (MSR), Massa seca de parte aérea (MSPA), Germinação de plântulas normais (GPN), Germinação de plântulas anormais (PAN), Plântulas normais em envelhecimento acelerado (PNEA), plântulas anormais em envelhecimento acelerado (PANEA), condutividade elétrica (CE), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) das 28 cultivares de soja com seis meses de armazenamento. Pato Branco, 2019..... 32
- Tabela 4 – Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres associados a qualidade fisiológica da sementes das 28 cultivares de soja avaliadas em pós-colheita.. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2019..... 37
- Tabela 7 – Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres associados a qualidade fisiológica de sementes, de 28 cultivares de soja avaliadas após seis meses de armazenamento. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2019..... 39

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
RAS	Regras de Análises de Sementes
PR	Unidade da Federação – Paraná
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIATURAS

Ha<sup>1</sup>

Hectare

## LISTA DE SÍMBOLOS

@  
Σ

Arroba  
Somatório

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 A CULTURA DA SOJA.....</b>	<b>18</b>
3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	18
3.2 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES.....	20
3.3 PROGRESSO GENÉTICO.....	22
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
4.2 CARACTERES AVALIADOS.....	26
4.2.1 Comprimento e massa seca de plântulas.....	26
4.2.2 Teste de Germinação.....	27
4.2.3 Envelhecimento Acelerado.....	27
4.2.4 Condutividade elétrica.....	28
4.2.5 Índice De Velocidade De Germinação.....	28
4.2.6 Tempo médio de germinação.....	29
4.3 Armazenamento de sementes.....	29
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
5.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA.....	31
5.2 PROGRESSO GENÉTICO.....	32
5.3 ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES.....	37
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais produzidas e consumidas no mundo ocupando um lugar de destaque a nível global, sendo matéria-prima de inúmeros produtos na indústria alimentícia fonte de óleo e proteína, possuindo elevada importância econômica como oleaginosa com grande participação em diversos setores do mercado. Além da alimentação humana, seu uso também se destina a alimentação animal, produção de biodiesel, entre outras finalidades (ANDERSON, 2017).

Sendo originária da China, expandiu-se para outras partes da Ásia, e posteriormente, para a América do Norte, Europa e América do Sul. Sua introdução no Brasil ocorreu por meio das instituições de pesquisa para caráter experimental, onde ganhou grande destaque a partir dos anos 60 (PRIOLLI *et al.*, 2004). Nesta época, o cultivo da soja no país era restrito a região Sul. As cultivares adaptadas para o Centro-Oeste e Sudeste, foram disponibilizadas a partir de 1968 (ALLIPRANDINI *et al.*, 1993). A partir da chegada da cultura no país, diversas empresas implementaram programas de melhoramento com o objetivo de desenvolver novas cultivares adaptadas a todas as regiões do país (VAL *et al.*, 2014). Estas iniciativas objetivaram a expansão da cultura, e conseqüentemente, a disponibilização de genótipos mais produtivos e adaptados aos produtores (VASCONCELOS *et al.*, 2015). Em função da grande extensão territorial do Brasil, com diferentes condições edafoclimáticas, houve a necessidade de identificar genótipos com estabilidade e adaptabilidade para as diferentes condições (BARROS *et al.*, 2010).

Nas últimas décadas observa-se um crescimento expressivo na produção devido a consolidação de um mercado internacional, contribuindo para a geração de renda de produtores no Brasil e no mundo (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014), sendo resultado do constante trabalho desenvolvido por programas de melhoramento, que disponibilizaram cultivares mais produtivas e adaptadas para cultivo.

A expansão das lavouras de cultivo de soja foi facilitada pelo uso de sementes com elevada qualidade fisiológica e sanitária, sendo fundamental para o adequado estabelecimento da cultura nível de campo (SILVA & TEBALDI, 2017). O uso de sementes de qualidades, associadas a tratamentos químicos, permitem a

obtenção de elevadas produtividades (ALVES *et al.*, 2017), que podem chegar a até 20% no rendimento final da cultura (AMBIKA, MANONMANI and SOMASUNDARAM, 2014). Em recente estudo realizado por Abati *et al* (2017), utilizando sementes de trigo com diferentes níveis de vigor, os autores constataram que sementes mais vigorosas apresentaram melhor estabelecimento da cultura e produtividade de grãos. Dessa forma, a avaliação da qualidade fisiológica de sementes pode ser uma estratégia útil para ser empregada no melhoramento genético. Neste sentido, Martins *et al* (2016) avaliando linhagens avançadas de soja destaca que podem ser obtidos até 20% de ganho genético para germinação e emergência a campo. Dessa forma, a avaliação e seleção de genótipos com qualidade fisiológica de sementes superior, pode ser uma estratégia útil para ser empregada no melhoramento genético.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Identificar e estabelecer o progresso genético da qualidade de sementes de cultivares de soja disponibilizadas para cultivo entre 1965 e 2011.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

Quantificar a ocorrência de progresso genético para os caracteres de germinação e envelhecimento acelerado de plântulas;

Identificar progresso genético no desenvolvimento das plântulas das diferentes cultivares através do teste de comprimento e massa seca;

Através do teste de condutividade elétrica, identificar e quantificar uma possível deterioração das sementes de soja das cultivares disponibilizadas para cultivo entre 1965 a 2011;

### 3 A CULTURA DA SOJA

#### 3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) caracteriza-se como uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo, tendo participação expressiva no agronegócio nacional. É uma excelente fonte de óleo (20%) e proteína (40%), sendo matéria-prima de inúmeros produtos na indústria alimentícia. Além da alimentação humana, seu uso também se destina a alimentação animal, produção de biodiesel, uso industrial, entre outras finalidades (ANDERSON *et al.*, 2017)

A nível mundial, a cultura ocupa uma área de 120,9 milhões de hectares, com produção de 351,3 milhões de toneladas. Atualmente, os EUA ocupam o posto de maior produtor mundial, com produção de 120,07 milhões de toneladas e área plantada de 36,24 milhões de hectares, alcançando uma produtividade média de 3.310 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2017/18 (USDA, 2018). O Brasil ocupa a segunda colocação no ranking dos maiores produtores e exportadores mundiais, com produção de 119,281 milhões de toneladas e área plantada de 35,149 milhões de hectares, alcançando uma produtividade média de 3.394 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2017/18 (CONAB, 2018).

A partir do desenvolvimento de novas tecnologias de produção, observou-se um grande avanço em área plantada, produtividade e produção da cultura no Brasil. Segundo dados da CONAB (2018), a área plantada passou de 7 milhões de hectares na safra 1977/78, para mais de 35 milhões de hectares na safra 2017/18 (Figura 1).

A produtividade da cultura também aumentou consideravelmente nas últimas décadas, passando de uma média de 1.747 kg ha<sup>-1</sup> na safra 1976/1977, para 3.394 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2017/18 (Figura 2). Esse aumento de produtividade e área plantada foram fundamentais para o país alcançar a posição de segundo maior produtor mundial de soja (CONAB, 2019).

Figura 1 – Série história da área plantada com soja no Brasil.

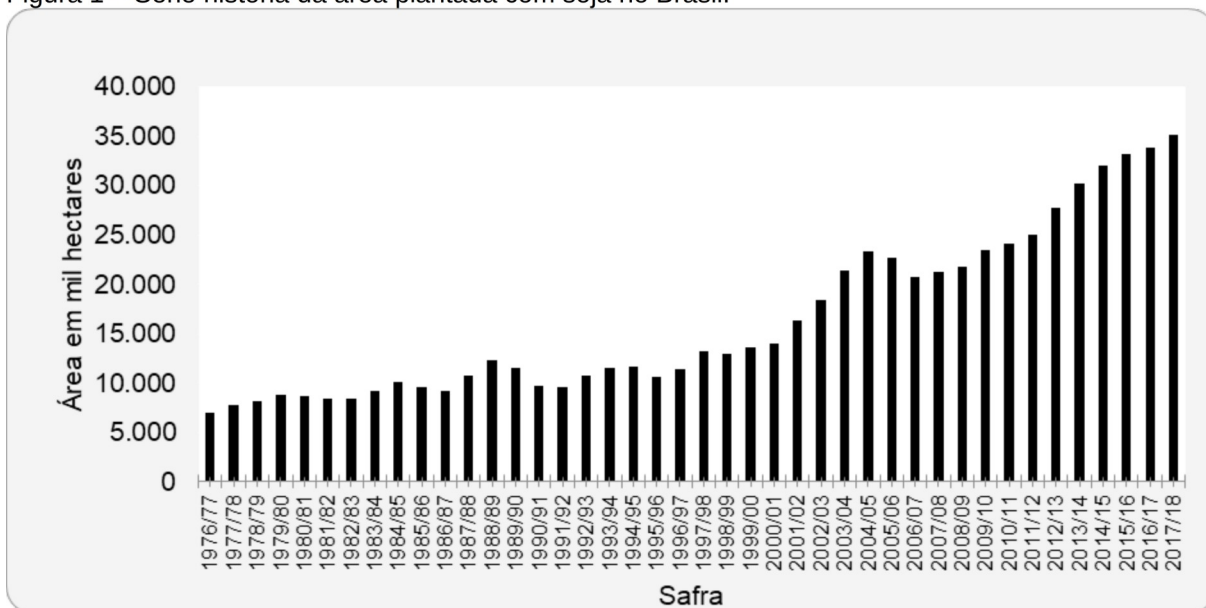
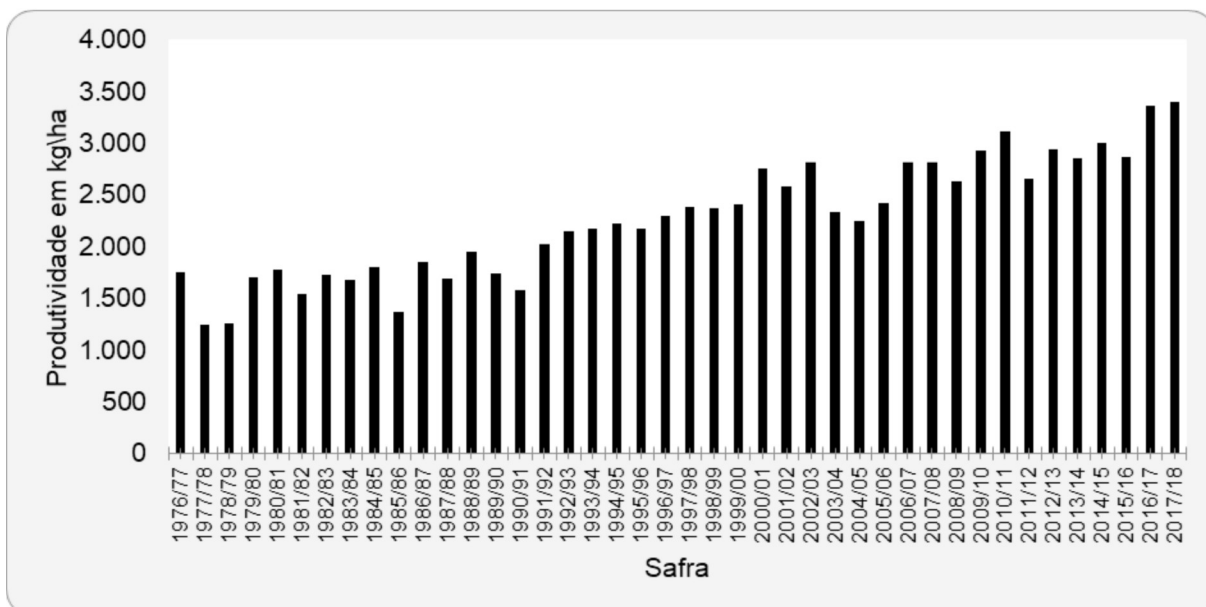


Figura 2 – Série histórica produtividade da cultura da soja no Brasil.

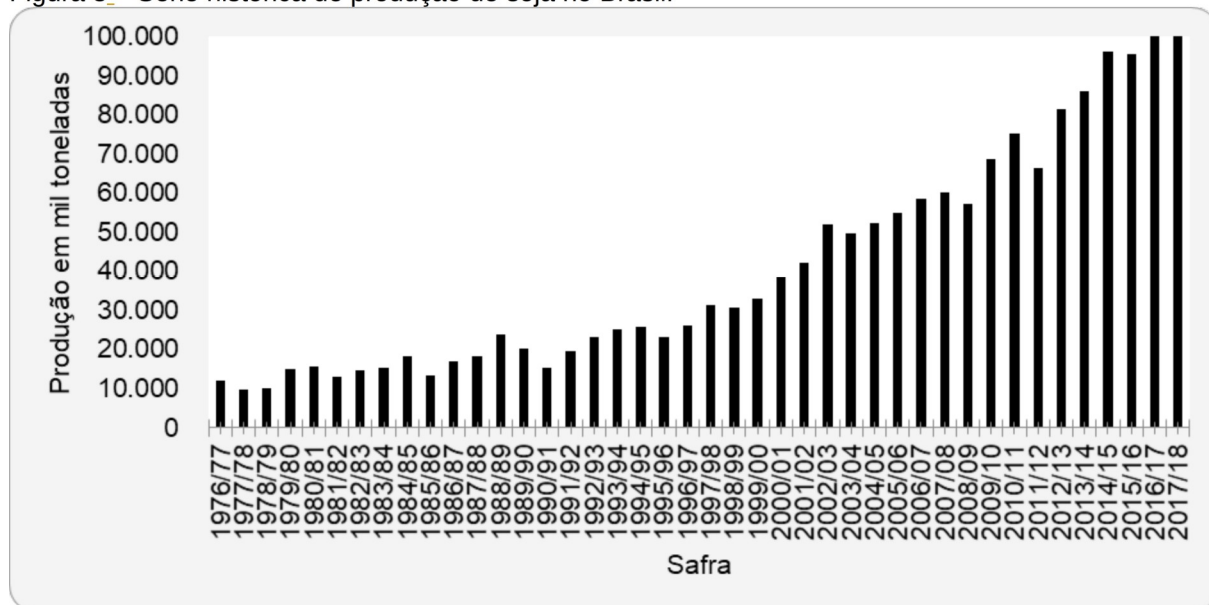


Fonte: CONAB, 2019.

Acompanhando o crescimento da área plantada e produtividade, a produção de soja teve um crescimento expressivo, passando de 12 milhões de

toneladas na safra 1976/77, para 119 milhões de toneladas na safra 2017/18 (Figura 3).

Figura 3 – Série histórica de produção de soja no Brasil.



Fonte: CONAB, 2018.

O constante aumento nos valores de produtividade obtidos a nível nacional, assim como a maior capacidade competitiva da cultura, estão diretamente relacionados com a atuação dos programas de melhoramento, que tem contribuído significativamente para o aumento da produção nacional, e possibilitaram ao Brasil estar entre os maiores produtores e exportadores mundiais de soja. Essa posição foi alcançada devido á grande demanda de grãos, que estimulou o plantio da cultura em regiões tropicais, saindo de áreas temperadas (Fearnside, 2000).

### 3.2 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A utilização de sementes com elevada qualidade fisiológica, é fundamental para que se obtenha um bom estabelecimento da cultura em nível de campo. A importância da qualidade de sementes é destacada por Gazola Neto *et al.* (2017), sendo que a ocorrência de interação entre fatores bióticos e abióticos a campo, submetendo as plântulas a condições estressantes, podendo provocar variações de qualidade. Essa variação depende do potencial genético da planta,

bem como, de sua capacidade de resistir a condições adversas (CANTARELLI *et al.*, 2015), sendo que, conforme é salientado por Diniz *et al.* (2013), máximo potencial de germinação e vigor das sementes é obtida quando a planta atinge a maturidade fisiológica, e o atraso na colheita apresenta efeito negativo da qualidade fisiologia das sementes, que pode variar de acordo com o genótipo.

Neste sentido, Rocha *et al.* (2017) conceituam viabilidade de sementes como a capacidade de as mesmas germinarem sob condições favoráveis, enquanto o vigor seria a capacidade das sementes germinarem sob condições adversas. Sementes de alta qualidade resultam em plântulas de alto desempenho, gerando plantas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem em diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento da lavoura (KRZYZANOWSKI, FRANÇA-NETO & HENNING, 2018). O teste de germinação é amplamente utilizado para verificação da qualidade das sementes, porém, por ser realizado em condições ideais de cultivo, o teste não apresenta grande representatividade a campo, sendo necessária a realização de testes complementares para comparação (BRASIL, 2009).

Os testes de vigor são aplicados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, sendo o mais utilizado o teste de envelhecimento acelerado, que avalia a capacidade de a semente resistir a condições adversas, como a elevada temperatura e umidade, sendo um dos mais eficientes. Vale destacar, que os testes de vigor que se baseiam no desempenho das plântulas também podem ser utilizados, como o Índice de Velocidade de Germinação, sendo também avaliado o comprimento e massa seca de plântulas. Segundo Santorum *et al.* (2013), este teste apresenta maior correlação com a emergência no campo comparativamente a outros testes, além de apresentarem resultados mais satisfatórios para avaliação do potencial das sementes. Outro teste que também avaliam é utilizado na determinação do vigor das sementes é o teste bioquímico de condutividade elétrica, sendo avaliado o grau de estruturação da membrana da semente, e têm apresentado boa eficácia em análises de qualidade de sementes.

Um dos principais fatores que deve ser considerado para a avaliação da qualidade das sementes, é a manutenção da estrutura do tegumento. Segundo Bahry *et al.* (2016), o revestimento da semente é o controlador entre as estruturas internas da semente e o ambiente externo, portanto, o teste de condutividade elétrica apresenta-se satisfatório para esta avaliação. Além disso, Dellagostin *et al.*

(2011) ressaltam que o tegumento das sementes é um dos condicionantes da capacidade de vigor, germinação e longevidade das sementes.

Vale destacar ainda, que a qualidade das sementes se estende além da germinação e vigor, ou seja, correspondem também a capacidade de as mesmas tolerarem o armazenamento e manterem suas características do momento da colheita. Segundo Patta *et al.* (2016), os programas de melhoramento de plantas sempre objetivaram desenvolver materiais que possuíssem elevada capacidade de armazenamento. No entanto, a manutenção dessas características, depende principalmente das condições de umidade e temperatura em que as sementes são armazenadas, onde a combinação de teores elevados de temperatura e umidade, provocam o aceleração do processo de deterioração das sementes. Assim sendo, Smaniotto *et al* (2014) comparando o desempenho de sementes sob diferentes condições combinadas de temperatura e umidade, concluíram que a umidade máxima de 14% (b.u) e temperatura de 20 °C, são ideais para a manutenção das condições de viabilidade e vigor das sementes. Portanto, o conhecimento das características torna-se extremamente relevante para manutenção das características desejáveis.

### 3.3 PROGRESSO GENÉTICO

O progresso genético obtido pelos programas de melhoramento ao longo dos anos, acompanhado de as melhorias das práticas de manejo, tem sido responsável pelos aumentos de produtividade em diversas culturas de importância econômica no Brasil e no mundo. Estudos tem demonstrado, que 50% dos aumentos de produtividade tem sido atribuído a melhorias das práticas de manejo, e outros 50% sejam em função dos progressos obtidos via melhoramento (ROWNTREE *et al.*, 2013).

O ganho ou progresso genético pode ser definido como as alterações observadas em características de interesse, durante cada ciclo de seleção (FARIA, *et al.*, 2007). Segundo Rowntree, *et al* (2013), as estimativas de ganhos genéticos permitem quantificar o progresso genético obtido em determinado período de tempo, e fornecem informações importantes, como por exemplo, determinar a origem dos



ganhos obtidos no passado, bem como, garantir que melhorias continuem ocorrendo no futuro.

Estudos realizados em todo o mundo tem relatado progresso genético para diversas culturas de importância econômica, como milho (CAMPOS, *et al.*, 2004), trigo (FOLLMAN, *et al.*, 2017; BATTENFIELD; KLATT and RAUN; 2013; BECHE, *et al.*, 2014), arroz de várzea (ATROCH and NUNES, 2000), feijão (PEREIRRA *et al.*, 2017; BARILI *et al.*, 2016), entre outras. Nos últimos 20 anos, foram relatados ganhos em rendimento de 25 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o trigo, 38 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o arroz e 80 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o milho (FISCHER; EDMEADES. 2010).

Em soja, tem-se realizados estudos para verificação da eficiência dos programas de melhoramento para a melhoria da produtividade da cultura. Em estudo realizado nos EUA, Rincker, *et al* (2014), avaliando um conjunto de genótipos de soja, disponibilizados para cultivo entre os anos de 1923 e 2008, observaram ganho médio anual de 23 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No Brasil ainda há poucos estudos. Toledo *et al* (1990), avaliando linhagens precoces e semi-precoces, obtiveram ganho genético médios anuais de 1,8% e 1,3%, respectivamente. Alliprandini *et al* (1993) classificaram as cultivares em três grupos, precoce, semi-precoce e médio, e obtiveram valores de 0,89%, 0,38% e -0,28% ano, respectivamente.

Vários estudos têm demonstrado, que existe significativa variabilidade genética para qualidade fisiológica de sementes, em diversas culturas de importância econômica, como em mamoeiro (CARDOSO, *et al.*, 2009), *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton (ALMEIDA, *et al.*, 2017) e soja (MARTINS, *et al.*, 2016), indicando a possibilidade de selecionar genótipos superiores para este caractere.

Em estudo realizado por Martins *et al.* (2016) no Brasil, avaliando 62 linhagens de soja, foi observada elevada variabilidade genética para qualidade fisiológica de sementes. Os autores relatam, que melhorias para este caractere pode ser obtidas via seleção a partir de testes de germinação e vigor. Da mesma forma, em um estudo realizado nos EUA, Rincker *et al.* (2014) avaliaram visualmente sementes de genótipos de soja disponibilizados para cultivo entre os anos de 1923 e 2008, e observaram melhorias com o passar dos anos, indicando que apesar de não ter havido nenhuma ação direta visando a melhoria deste caractere, a seleção para produtividade favoreceu a melhoria indireta da qualidade fisiológica das sementes.

Para as condições brasileiras, ainda não há relatos de progresso genético para qualidade fisiológica de sementes, indicando a necessidade da realização de estudos visando identificar as mudanças ocorridas ao longo dos anos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram utilizadas 28 cultivares de soja, disponibilizadas para cultivo entre os anos de 1964 e 2011. As cultivares, com seus respectivos anos de lançamento e empresas obtentoras, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Cultivares de soja e respectivos anos de lançamento e empresas obtentoras. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2019.

Cultivar	Ano de lançamento	Empresa Obtentora
BR-6	1981	Embrapa
BMX Apolo	2007	GDM Genética
BMX Magna	2007	GDM Genética
BMX Potência	2007	GDM Genética
BMX Titan	2007	GDM Genética
BR 16	1987	Embrapa
BR 4	1979	Embrapa
Bragg	1966	Embrapa
BRS 133	1997	Embrapa
BRS 184	2001	Embrapa
BRS 232	2003	Embrapa
BRS 284	2009	Embrapa
CD 202	1998	Coodetec
CD 206	1999	Coodetec
CD 208	1999	Coodetec
CD 214 RR	2003	Coodetec
CD 215	2002	Coodetec
Davis	1965	Embrapa (PI)
Embrapa 48	1995	Embrapa
FT Abyara	1988	FT pesquisa e sementes Estação experimental da Carolina do
IAS 5	1973	Norte
NA 5909	2008	Nidera
NS 4823	2008	Nidera
OCEPAR 4 (Iguaçu)	1987	Ocupar
Paraná	1974	Embrapa
TMG 7161 RR	2010	TMG
TMG 7262 RR	2011	TMG
Vtop RR	2010	Syngenta

PI – *Plant introduction*

O experimento foi conduzido na safra 2017/18, na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos causalizados, com três repetições. As unidades experimentais foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 45 cm. No estágio de maturidade de campo, realizou-se a colheita e limpeza das sementes para avaliação da qualidade fisiológica.

## 4.2 CARACTERES AVALIADOS

Os testes de qualidade fisiológica das sementes foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *Campus* Pato Branco. Para análise, utilizou-se os testes de comprimento e massa seca de plântulas, germinação e envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação.

A avaliação da qualidade das sementes foi realizada em dois momentos, primeiramente sem armazenamento, para avaliar os caracteres das sementes imediatamente após a colheita, e posteriormente, quando as sementes foram armazenadas por um período de seis meses em condições ambiente, sem controle de temperatura e umidade.

### 4.2.1 Comprimento e massa seca de plântulas

As determinações do comprimento e massa seca de plântulas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Nakagawa, (1999). Para esse teste, foram utilizadas 100 sementes, divididas em quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram dispostas longitudinalmente no terço superior de duas folhas de papel *germitest*, previamente umedecidas com água destilada, utilizando 2,5 vezes o seu peso em volume de água. Posteriormente, foi adicionada uma terceira folha de papel *germitest* sobre as sementes, e as mesmas foram enroladas e acondicionadas em germinador do tipo Mangelsdorf a temperatura de 25 °C, pelo período de oito dias. Ao término desse período, realizou-se a avaliação do

comprimento e massa seca das plântulas.

Primeiramente, foi realizada a separação da raiz e parte aérea das plântulas, na região da base do hipocótilo. O Comprimento radicular (CPR) foi obtido pela média da mensuração do comprimento da raiz das plântulas, posteriormente as raízes foram colocadas em sacos de papel e levadas em estufa a 60 °C pelo período de 72 horas, onde foram obtidas a Massa seca radicular (MSR) através da pesagem em balança de precisão 0,0001 g. O Comprimento de parte aérea (CPPA) foi obtido pelo valor médio da mensuração da parte aérea das plântulas, posteriormente, foram colocadas em pacotes de papel e acondicionadas em estufa a 60 °C e pelo período de 72 horas, para mensuração da Massa seca de parte aérea (MSPA), através da pesagem em balança de precisão 0,0001 g.

#### 4.2.2 Teste de Germinação

O teste de germinação foi realizado de acordo com o Manual de Regras para Análise de Sementes (BRASIL. 2009). Em cada teste, foram utilizadas 200 sementes, divididas em quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram dispostas sobre duas camadas de papel *germitest*, previamente umedecidas com água destilada, utilizando 2,5 vezes o seu peso. Posteriormente, adicionou-se uma terceira folha de papel *germitest* sobre as sementes, e as mesmas foram enroladas e acondicionadas em câmara de germinação do tipo *Mangelsdorf*, em temperatura constante de 25°C. As avaliações foram realizadas no 5º e 8º dia após a instalação do teste, sendo contabilizada Germinação de plântulas normais (GPN) e Plântulas anormais (PAN), seguindo metodologia proposta por BRASIL (2009).

#### 4.2.3 Envelhecimento Acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Marcos Filho *et al.* (1990). As sementes foram dispostas em caixas de poliestireno transparente (11,0 x 11,0 x 3,0 cm), as quais possuem telas metálicas, contendo 40 ml de água destilada, com o intuito de manter a umidade relativa em 100%. Posteriormente, as caixas foram colocadas em estufa BOD, pelo período de 48 horas a temperatura de 41°C. Após esse período, as

sementes foram submetidas ao teste de germinação, e as avaliações foram realizadas aos 5 e 8 dias, contabilizando Plântulas normais em Envelhecimento acelerado (PNEA) e Plântulas anormais em Envelhecimento acelerado (PANEA), seguindo os critérios estabelecidos nas RAS (BRASIL, 2009)

#### 4.2.4 Condutividade elétrica

A análise de Condutividade elétrica (CE) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Vieira e Krzyzanowski (1999). Para este teste, foram utilizadas 100 sementes, dispostas em quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram pesadas com balança de precisão de 0,0001 g, e colocadas em copos plásticos com 80 ml de água destilada. Em seguida, os copos plásticos foram mantidos em estufa BOD a temperatura de 20 °C, pelo período de 24 horas. Ao término desse período, foi realizada leitura da condutividade elétrica da solução com o uso de condutímetro e o resultado expresso em umhos/cm/g de sementes.

#### 4.2.5 Índice De Velocidade De Germinação

A avaliação do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Nakagawa (1994). Em cada teste, utilizou-se 200 sementes, divididas em quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel germitest, previamente umedecidas com água destilada, utilizando 2,5 vezes o seu peso em volume de água. Posteriormente, foi adicionada uma terceira folha de papel germitest sobre as sementes, e as mesmas foram enroladas e acondicionadas em câmara de germinação a 25°C, por oito dias. Realizou-se a avaliação diariamente, sendo realizada a contagem das sementes que apresentaram protrusão de radícula superior a 2 mm. Para o cálculo do IVG, foi utilizado a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_1}{T_1} \dots + \frac{G_n}{T_n}$$

.....(1)

Sendo IVG: Índice de velocidade de germinação; G1 a Gn: Número de plantas germinadas a cada dia; T1 a Tn: Tempo (dias).

Embora Maguire (1962) não tenha definida a unidade de medida do caractere IVG, Ranal and Santana (2006) denotam que o valor calculado corresponde a plântulas germinadas por dia, assim sendo, corresponde ao número de plântulas germinadas por dia.

#### 4.2.6 Tempo médio de germinação

Para avaliação do teste de Tempo Médio de Germinação (TMG), seguiu-se a metodologia proposta por Lima et al (2006), usando a fórmula:

$$TMG = \frac{\sum ns * ti}{\sum ns}$$

Em que: ns = número de sementes germinadas por dia; ti = tempo de incubação; i = 1 (7 dias). Unidade: dias.

### 4.3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES

Após a realização da análise me pós colheita, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel kraft em condições ambientes, sem controle de temperatura e umidade, para simular armazenamento em fazenda pelo período de 6 meses e repetiu-se a análise.

### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. A análise de correlação de Pearson foi realizada entre todas as variáveis avaliadas e ano de lançamento das cultivares. Ambas as análises foram procedidas utilizando o programa GENES (Cruz, 2016). O

progresso genético ao longo dos anos foi estimado via análise de regressão simples, considerando o ano de lançamento dos genótipos e as médias dos caracteres nos ambientes avaliados., utilizando o software *SIGMAPLOT*.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Na avaliação sem armazenamento de sementes, todas as variáveis analisadas apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (Tabelas 2 e 3). Portanto, pode-se inferir ocorrência de variabilidade genética. Resultados semelhantes foram observados por Martins *et al.* (2016), e por Almeida *et al.* (2017), avaliando a divergência genética de diferentes cultivares e linhagens de soja. O coeficiente de variação experimental oscilou entre 4,72 e 19,01 indicando uma boa precisão do experimento.

**Tabela 2** – Resumo da análise de Variância dos caracteres Comprimento radicular (CPR), Comprimento de parte aérea (CPPA); Massa seca de raiz (MSR); Massa seca de parte aérea (MSPA); Germinação de plântulas normais (GPN) e Plântulas anormais (PAN) Plântulas normais em envelhecimento acelerado (PNEA), Plântulas anormais em envelhecimento acelerado (PANEA), Condutividade elétrica (CE), Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) das 28 cultivares de soja avaliados sem armazenamento. Pato Branco, 2019.

CARACTERES	BLOCO	TRATAMENTO	RESÍDUO	MÉDIA	CV
	QUADRADOS MÉDIOS				
CPR	0,19	5,44**	1,06	16,93	6,07
CPPA	1,84	20,03**	1,55	10,5	11,86
MSR	0	0,0001**	0	0,01	16,84
MSPA	0	0,0001**	0	0,03	11,63
GPN	19,94	262,78**	25,37	73,23	6,88
PAN	8,57	95,96**	11,34	17,71	19,01
PNEA	3,75	242,60**	24,93	69,16	7,22
PANEA	12,04	106,0**	13,07	19,41	18,63
CE	4,64	572,53**	41,03	38,56	16,61
IVG	18,44	85,73**	6,41	53,7	4,72
TMG	17,75	55,60**	20,1	29,48	15,21
GL	3	27	81		

\* e \*\* significativo a 5 e 1%. CV: Coeficiente de variação. GL: Graus de liberdade.

Para os caracteres avaliados após seis meses de armazenamento, pode ser observado resultado similar a análise sem armazenamento, em que todas as variáveis apresentaram diferenças significativas entre as médias das cultivares, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (Tabelas 4 e 5). O coeficiente de variação experimental oscilou entre 6,83 e 17,79, indicando uma boa precisão do experimento.

**Tabela 3** – Resumo da análise de Variância dos caracteres Comprimento radicular (CPR), Comprimento de parte aérea (CPPA), Massa seca de raízes (MSR), Massa seca de parte aérea (MSPA), Germinação de plântulas normais (GPN), Germinação de plântulas anormais (PAN), Plântulas normais em envelhecimento acelerado (PNEA), plântulas anormais em envelhecimento acelerado (PANEA), condutividade elétrica (CE), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) das 28 cultivares de soja com seis meses de armazenamento. Pato Branco, 2019.

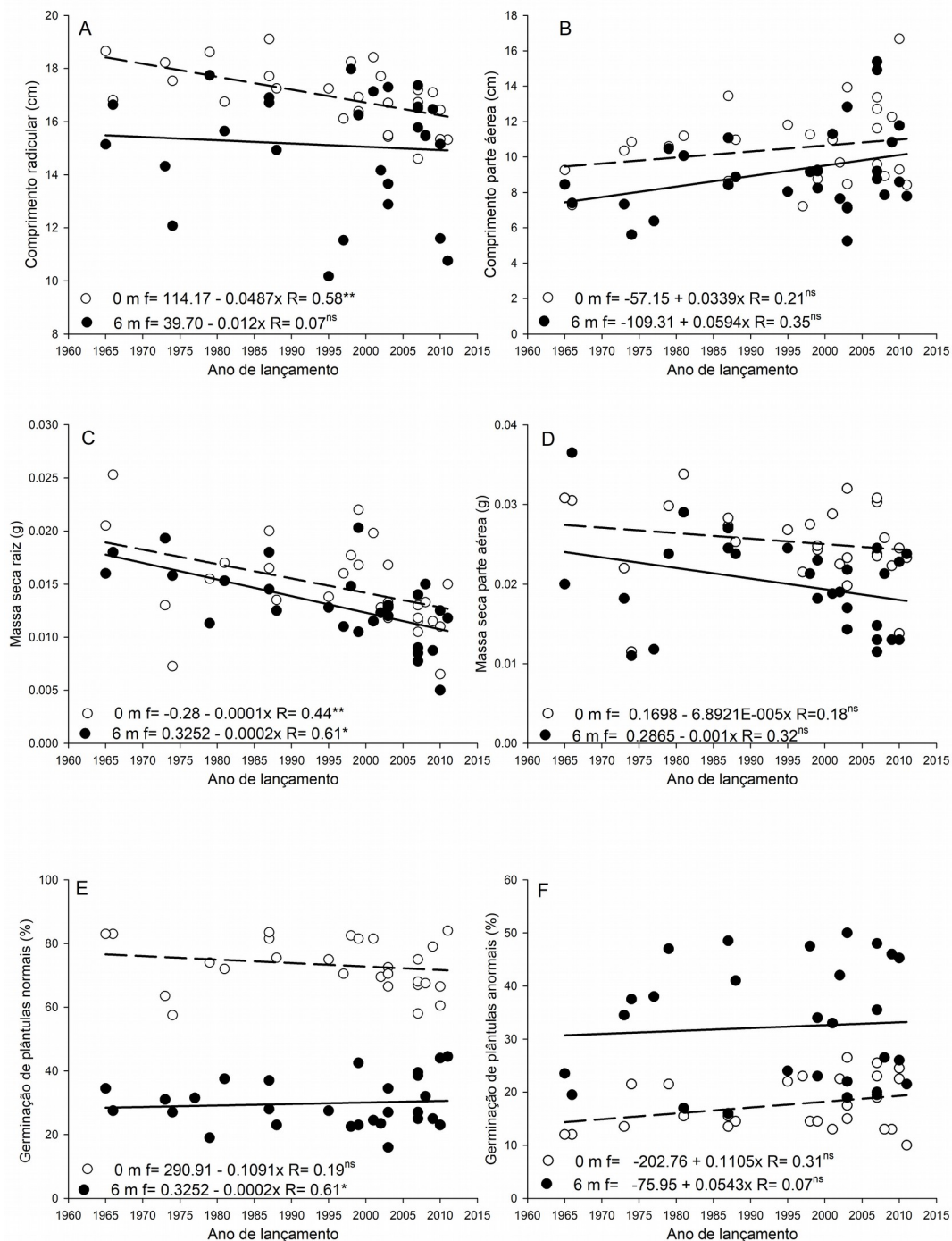
CARACTERES	BLOCO	TRATAMENTO	RESÍDUO	MÉDIA	CV
	QUADRADOS MÉDIOS				
CPR	6,8	20,3**	7,1	15,32	6,83
CPPA	3,04	24,0**	1,6	9,21	13,68
MSR	0	0,0001**	0	0,01	14,82
MSPA	0	0,0001**	0	0,02	7,85
GPN	33,1	231,7**	183,67	29,84	14,36
PAN	22,9	526,96**	18,17	32,33	13,19
PNEA	82,79	658,41**	42,54	41,17	15,84
PANEA	8,01	174,75**	13,3	20,51	17,79
CE	2,44	554,59**	590,961	43,3	17,76
IVG	2,63	8,36**	0,88	20,57	4,56
TMG	19,63	116,41**	14,17	31,14	12,09
GL	3	27	81		

\* e \*\* significativo a 5 e 1%. CV: Coeficiente de variação. GL: Graus de liberdade.

## 5.2 PROGRESSO GENÉTICO

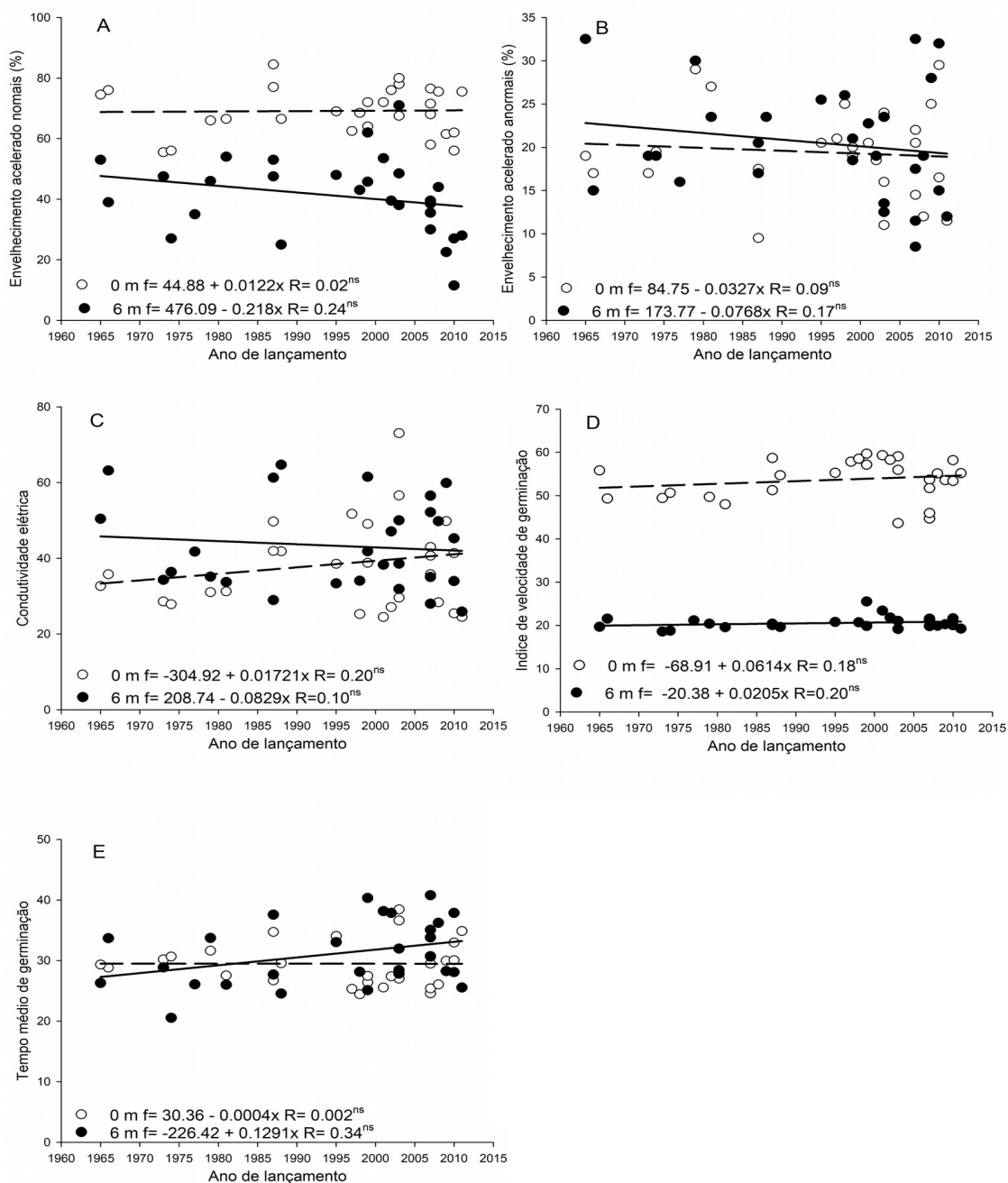
Para observar a ocorrência de progresso genético para os caracteres, tanto negativo como positivo, realizou-se a análise de regressão linear para avaliação quantificação do ganho genético dos materiais, procedimento similar ao adotado por Beche *et al* (2014), conforme apresentado nas figuras 4 e 5, sendo representada a avaliação em pós-colheita pela linha pontilhada e a avaliação com 6 meses de armazenamento pela linha contínua.

**Figura 4** – Regressão linear para caracteres de Comprimento da parte radicular (A); Comprimento de parte aérea (B); Massa seca de raízes (C); Massa seca de parte aérea (D); Germinação de plântulas normais (E) e Germinação de plântulas anormais (F). Pato Branco, 2019.



0 m: sem armazenamento. 6 m: seis meses de armazenamento \*\* e \*: significativo a 1% e 5%, respectivamente, ns: Não significativo

**Figura 5** — Regressão linear para caracteres de Plântulas normais em envelhecimento acelerado (A); Plântulas anormais em envelhecimento acelerado (B), Condutividade elétrica (C); Índice de velocidade de germinação (D); Tempo médio de germinação (E). Pato Branco, 2019.



0 m: sem armazenamento. 6 m: seis meses de armazenamento. \*\* e \*: significativo a 1% e 5%, respectivamente, ns: Não significativo

As variáveis CPR e MSR avaliadas sem armazenamento, apresentaram resposta linear negativa em relação ao ano de lançamento, conforme observado na Figura 4A ( $R= 0,58^*$ ) e Figura 4C ( $R= 0,42^*$ ), respectivamente, obtendo assim uma redução de  $0,05 \text{ cm/ano}^{-1}$  (0,26%) para a variável CPR e uma redução de  $0,0001 \text{ g/ano}^{-1}$  (-0,12%) para a variável MSR.

Contudo, apenas para o caractere MSR na análise com seis meses de armazenamento foi observada significância na avaliação, sendo novamente a resposta linear negativa, conforme figura 4C, ( $r = 0,61^{**}$ ), equivalendo a redução de  $0,0002 \text{ g/ano}^{-1}$  (0,29%). Pode-se observar na análise em laboratório, que indiretamente na seleção de linhagens ao longo dos anos no melhoramento genético foram selecionados materiais com menor comprimento radicular e menor massa de raízes. Resultados diferentes a campo foram encontrados por Cui *et al.* (2016), avaliando a massa seca de cultivares de 27 cultivares de soja desenvolvidas entre 1923 e 2009 no estágio R4 no campo, onde constatou que a cultivares modernas apresentam maior massa seca de raízes.

Um dos fatores que pode ter influenciado a ausência de interação significativa para a variável CPR com seis meses de armazenamento é o desenvolvimento de raízes secundárias que não são mensuradas, afetando a variável MSR, além de poder ser observada uma grande dispersão dos resultados no gráfico em relação a linha de tendência.

Analisando as variáveis CPPA e MSPA sem armazenamento e com seis meses de armazenamento (Figuras 4B e 4D, respectivamente), não foi observado correlação com o ano de lançamento, como é observado ( $r= 0,21^{ns}$  e  $r= 0,18^{ns}$ , respectivamente, sem armazenamento, e  $r= 0,35^{ns}$  e  $r= -0,32^{ns}$ , com seis meses de armazenamento), mesmo que ambas análises mostrem uma tendência dos resultados. Pode ser observado resultados adversos no comportamento das variáveis. A variável CPPA apresentou linha de tendência positiva em ambas análises, enquanto a variável MSPA apresentou linha de tendência negativa para ambas as análises, exaltando que novas análises são necessárias para chegar a resultados mais conclusivos. Os resultados obtidos em laboratório muitas vezes não refletem obtidos a campo, como demonstrado por Jin *et al* (2010) a campo tenham sido contrários, em que foi observado decréscimo na estatura da planta de 13.8%, avaliando 45 cultivares de soja lançados entre 1950 e 2016.

As variáveis GPN e PAN não apresentaram significância na análise

sem armazenamento ( $r=0,19^{ns}$  e  $r= 0,31^{ns}$ , respectivamente) e com seis meses de armazenamento ( $r=0,09^{ns}$  e  $r= 0,07^{ns}$ ), como pode ser observado nas Figura 4E, e 4F assim como a variável PAN. As de mais variáveis PNEA e PANEA também não apresentaram significância na análise sem armazenamento ( $r=0,02^{ns}$  e  $r= 0,09^{ns}$ , respectivamente) e na análise com seis meses de armazenamento ( $r= 0,24^{ns}$  e  $r= 0,17^{ns}$ , respectivamente), conforme observado nas figuras 5A e 5B.

A ausência de diferença na germinação de sementes de soja de cultivares convencionais e modernas foi observada por Ávila *et al.* (2011), que analisando 21 cultivares de soja convencionais e transgênicas não obteve diferenças entre os materiais para os testes de germinação e envelhecimento acelerado. No entanto, deve-se ser observado que algumas cultivares apresentam o gene RR, que, conforme constatado por Carvalho *et al.*, (2012), avaliando uma cultivar convencional e sua derivada transgênica, a introdução do gene RR afetou negativamente a qualidade das sementes de soja.

Resultado similar foi obtido por Gris *et al.* (2010) que avaliando diferentes cultivares de soja, convencionais e transgênicas colhidas em diferentes épocas, não observou diferenças significativas nos percentuais de germinação e envelhecimento acelerado com exceção de dois materiais que sofreram com chuvas no período de colheita.

A variável CE não apresentou correlação em nenhuma das épocas avaliadas, sendo obtido  $r= 0,20^{ns}$  e  $r= 0,10^{ns}$ , na avaliação sem armazenamento e com seis meses de armazenamento, respectivamente (Figura 5C), pode ser concluído a ausência de melhoria nesse caractere ao logo da seleção, assim as diferentes cultivares de soja possuem a mesma característica de tegumento na semente. Na análise sem armazenamento as variáveis IVG, (Figura 5D), TMG (Figura 5E) e não apresentaram correlação com o ano de lançamento ( $r= 0,18^{ns}$ ,  $r= 0,0017^{ns}$  e  $r= 0,0022^{ns}$ , respectivamente). Resultado este que se repetiu na segunda análise, onde as variáveis IVG (Figura 5D), TMG (Figura 5E) e não apresentaram correlação com o ano de lançamento ( $r= 0,2^{ns}$ ,  $r= 0,34^{ns}$  e  $r=0,38^{ns}$ , respectivamente).

Pode ser observado que para todas as variáveis que possuem correspondência com a germinação das sementes, GPN, PAN, EAPN, EAPAN, IVG, TMG e , não foi observada significância com o ano de lançamento, assim sendo, pode se dizer que a capacidade de germinação da sementes depende diretamente da condição da planta, não sendo um caractere afetado pelo melhoramento genético

ao longo dos anos.

Embora tenha sido observada relação entre o ano de lançamento e comprimento e massa seca de raízes em laboratório, a análise a campo torna-se onerosa e dificultada, portanto, os resultados obtidos em laboratório podem não ter correlação com obtidos em campo, sendo assim necessário a realização de novos estudos sobre o tema.

### 5.3 ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES

Para avaliação de interação entre os caracteres avaliados, realizou-se a análise de correlação de *Pearson*.

Os caracteres avaliados em pós-colheita (Tabela 4) resultaram em 78 pares de caracteres, dos quais apenas 9 pares apresentaram associação linear. Destes, apenas seis pares apresentaram associação negativa ( $r \leq -0,44$ ) e seis pares associação positiva ( $r \geq 0,44$ ), os outros 55 pares não apresentaram associação ( $r \geq -0,35$ ,  $r \leq 0,34$ ).

**Tabela 4** – Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres associados a qualidade fisiológica da sementes das 28 cultivares de soja avaliadas em pós-colheita.. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2019.

CA	CPR	CPPA	MSR	MSPA	GPN	PAN	PNEA	PANEA	CE	IVG	TMG
CPR	-	0,31	0,34	0,34	0,34	-0,31	0,07	0,03	-0,12	0	0
CPPA		-	-0,35	0,275	-0,13	0,13	-0,03	-0,08	0,24	-0,27	0,29
MSR			-	0,57**	0,75**	-0,62**	0,44*	-0,17	0,06	0,20	-0,19
MSPA				-	0,53**	-0,33	0,58**	-0,15	0,27	-0,31	0,02
GPN					-	-0,63**	0,60**	-0,16	0,06	0,28	0,02
PAN						-	-0,30	0,34	0,06	-0,11	-0,08
PNEA							-	-0,57**	0,25	0,02	0,26
PANEA								-	-0,28	-0,00	-0,33
CE									-	-0,32	0,33
IVG										-	-0,30
TMG											-

Caracteres avaliados (CA): Comprimento radicular (CPR, cm), Comprimento de parte aérea (CPPA, cm), massa seca de raízes (MSR, g), massa seca de parte aérea (MSPA, g), germinação de plântulas normais (GPN, %), Plântulas anormais (PAN, %), Plântulas normais em envelhecimento acelerado (PNEA, %), Plântulas anormais em Envelhecimento acelerado (PANEA, %), Condutividade elétrica (CE), Índice de velocidade de germinação (IVG) e Tempo médio de germinação (TMG, dias) . \*\* e \* : Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. Ausência de ambos caracteriza como não significativo. Fonte: Autoria própria.

Como esperado, o caractere MSR apresentou correlação positiva significativa com o caractere MSPA (0,57\*\*), representando o crescimento proporcional de uma planta. A correlação dos caracteres MSRxGPN (0,75\*\*) e MSRxpNEA (0,44\*\*) ocorre pois a raiz é avaliada para contagem de plântulas normais e anormais, sendo assim, aumento nos valores de massa seca de raízes possui influencia no desenvolvimento total da planta, proporcionando assim um melhor estabelecimento e desenvolvimento da planta, assim sendo, a correlação MSRxpAN (-0,62\*\*) representa que com o melhor desenvolvimento da raiz da plântula são observadas menos plântulas anormais. A correlação entre os caracteres MSPAxGPN (0,53\*) e MSPAxpNEA (0,58\*) tem o mesmo princípio anterior, onde plântulas com melhor desenvolvimento da parte aérea são contabilizadas como plântulas normais no teste de germinação e envelhecimento acelerado. Para uma interpretação destes resultados a campo pode se observar que sementes com maior reserva de nutrientes e permitam melhor desenvolvimento das estruturas de raiz e parte aérea podem garantir melhor estabelecimento da cultura.

A correlação negativa significativa entre os caracteres GPNxpAN (-0,63\*\*) e pNEAxpANEA (-0,57\*\*) era esperada por serem caracteres inversos, se tratandoda contagem de plântulas normais e anormais. A correlação positiva dos caracteres GPNxpNEA (0,60\*\*) corresponde a outro resultado esperado, pois espera-se que plântulas com maior percentual de germinação também apresentem maior percentual de plântulas germinadas em envelhecimento acelerado.

Embora o caractere CPR não tenha apresentado correlação significativa com o restante dos caracteres, embora possa ser observado valores próximos a significância na correlação com os caracteres CPPA (0,31); MSR (0,34) e MSPA (0,34), podendo ser interpretado com o crescimento simétrico da plântula. Com o caractere CPPA novamente não foi observada correlação significativa com os demais caracteres, apenas a interação CPPAxCPR apresentou valor próximo (-0,0,34), podendo ser ocasionada pela translocação desuniforme de nutrientes entre a plântula.

Na Tabela 7 está apresentada a correlação de Pearson para os caracteres avaliados com seis meses de armazenamento, dos 78 pares de associação obtidos, dos quais apenas 13 apresentaram associação linear, sendo 10 deles com associação linear negativa ( $R = < -0,26$ ) e seis apresentaram correlação linear positiva ( $R = 0,0,39$ ), os outros 66 pares não apresentaram associação ( $r = \geq -$



0,25 e  $\leq 0,4$ ).

**Tabela 7** – Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres associados a qualidade fisiológica de sementes, de 28 cultivares de soja avaliadas após seis meses de armazenamento. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2019.

CA	CPR	CPPA	MSR	MSPA	GPN	PAN	PNEA	PANEA	CE	IVG	TMG
CPR	-	0,51**	0,16	0,25	-0,01	0,03	0,25	0	0,31	0,21	0,28
CPPA		-	-0,35	0,15	0,11	-0,15	-0,04	0,18	-0,14	0,22	0,42*
MSR			-	0,48**	0,30	-0,22	0,39*	-0,20	0,24	-0,34	-0,45*
MSPA				-	0,14	-0,27	0,24	-0,05	0,10	0,02	0,07
GPN					-	-0,65**	0,01	-0,50**	0,04	-0,22	-0,26
PAN						-	-0,40*	0,27	0,10	-0,01	0,01
PNEA							-	-0,10	-0,14	0,30	0,13
PANEA								-	-0,14	-0,04	0,05
CE									-	-0,05	-0,12
IVG										-	0,61**
TMG											-

Caracteres avaliados (CA); Ano de lançamento (ANO), Comprimento radicular (CP, cm), Comprimento de parte aérea (CPPA, cm), massa seca de raízes (MSR, g), massa seca de parte aérea (MSPA, g), germinação de plântulas normais (GPN, %), germinação de plântulas anormais (PAN, %), Envelhecimento acelerado de plântulas normais (PNEA, %), envelhecimento acelerado de plântulas anormais (PANEA, %), condutividade elétrica (CE, imhos/cm/g), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG, dias). \*\* e \*: Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade de erro respectivamente, ausência de ambos caracteriza como não significativo. Fonte: Autoria própria.

Obteve-se correlação positiva significativa dos caracteres CPRxCPPA (0,51\*\*) e MSRxMSPA (0,48\*\*), sendo resultado esperado, pois caracteriza-se pelo crescimento simétrico das plântulas. Para o caractere TMG menores valores são melhores para as sementes, correspondendo a contagem diária de sementes que apresentaram extrusão da raiz, assim, materiais que germinam mais rapidamente tendem a apresentar maior acúmulo de massa seca na estrutura radicular e, ao mesmo tempo, a correlação CPPAxTMG (0,48\*\*) representa que materiais que apresentam maior comprimento da parte aérea da plântula germinaram mais lentamente.

Assim como na análise sem armazenamento, foi obtida correlação dos caracteres GPNxPAN (-0,65\*\*). A correlação dos caracteres GPNxPANEA (-0,50\*\*) e PANxPAEA (-0,40\*) caracteriza que maiores percentuais de germinação de plântulas normais reflete em menor contagem de plântulas anormais em envelhecimento acelerado e menores percentuais de germinação de plântulas anormais reflete em maiores percentuais de plantulas normais em envelhecimento acelerado. A correlação dos caracteres IVGxTMG (0,61\*\*) implica que sementes que necessitem maior tempo para germinação apresentam maior quantidade de plântulas normais gemrinadas por dia.,

Embora tenham sido observadas correlações significativas no teste, deve-se tomar cuidado, pois conforme salienta Schuab *et al* (2006), a correlação de *Pearson* pode gerar interpretações incorretas ou incompletas, pois os dados podem se correlacionar por apresentar tendências de variação comparáveis entre si.

## 6 CONCLUSÃO

Os testes de comprimento e massa seca de parte aérea, teste de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e índice de velocidade de germinação não apontaram ganhos genéticos em nenhuma das análises.

Na análise feita sem armazenamento, foi obtido progresso genéticos negativos para o comprimento e massa seca de raiz de plântulas, sendo -0,26% e -0,12%, respectivamente. Na análise realizada com seis meses de armazenamento, foi obtido progresso genético negativo para a variável massa seca de raízes, sendo -0,12%.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a ocorrência de progresso genético na cultura da soja quanto à qualidade fisiológica das sementes, avaliadas em dois momentos, pós colheita e com seis meses de armazenamento em temperatura ambiente.

A avaliação utilizando 28 cultivares de soja disponibilizadas para cultivo entre os anos de 1965 e 2011 demonstrou que ocorreu redução no comprimento e massa seca radicular das plântulas na avaliação em pós colheita e ocorreu redução da massa seca de raízes e da velocidade de germinação das sementes na avaliação com seis meses de armazenamento.

Todavia, é necessário considerar que a avaliação da qualidade fisiológica de sementes ocorre em controlado e que foram utilizadas sementes oriundas de apenas 1 ano e local, tornando o resultado dependente daquele local e das condições das plantas naquele ano.

De maneira geral, o estudo foi de importância técnica e científica para demonstração do progresso genético da qualidade fisiológica de sementes de soja, porém são necessários mais estudos para chegar a conclusões mais precisas.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, Julia *et al.* Seedling emergence and yield performance of wheat cultivars depending on seed vigor and sowing density. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 1, p.58–65, 2017.
- AGRICULTURA, Pecuária e Abastecimento Ministério da. **Regras para análise de sementes**. [S.l.]: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- ALLIPRANDINI, Luis Fernando *et al.* Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento, no período de 1985/6 a 1989/0. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado**, v. 28, n. 4, p. 489–497, 1993.
- ALMEIDA, Isaias Vitorino Batista de *et al.* Genetic diversity among *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton genotypes according to seed physiological quality. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 912–919, 2017.
- ALVES, Evânia *et al.* Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 12–18, 2017.
- AMBIKA, S; MANONMANI, Velusami; SOMASUNDARAM, G. Review on effect of seed yield. **Research Journal of Seed Science**, v. 7, n. 2, p. 31–38, 2014.
- ATROCH, André Luiz; NUNES, Glauber Henrique de Sousa. Progresso genético em arroz de várzea úmida no Estado do Amapá. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v. 35, n. 4, p. 767–771, 2000.
- ÁVILA, Marizangela Rizzatti *et al.* Effect of storage period on isoflavone content and physiological quality of conventional and transgenic soybean seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 149–161, 2011.
- BAHRY, Carlos André *et al.* Physiological quality and imbibitions of soybean seeds with contrasting coats. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 125–133, 2017.
- BARILI, Leiri Daiane *et al.* Five decades of black common bean genetic breeding in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 259–266, 2016.
- BARROS, Hélio Bandeira *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Ceres**, v. 57, n. 3, 2015.
- BATTENFIELD, Sarah; KLATT, Arthur; RAUN, William. Genetic yield potential improvement of semidwarf winter wheat in the Great Plains. **Crop Science**, v. 53, n. 3, p. 946–955, 2013.
- BECHE, Eduardo *et al.* Genetic gain in yield and changes associated with physiological traits in Brazilian wheat during the 20th century. **European Journal of Agronomy**, v. 61, p. 49–59, 2014.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. [S.l.]: MAPA, 2009.

CAMPOS, Hugo *et al.* Improving drought tolerance in maize: a view from industry. **Field Crops Research**, v. 90, n. 1, p. 19–34, 2004.

CANTARELI, Leandro Damero *et al.* Variabilidade de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 234–238, 2015.

CARDOSO, Deisy Lúcia *et al.* Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. **Ceres**, v. 56, n. 5, 2015.

CARVALHO, Denise Bruginski de; CARVALHO, Ruy Inacio Neiva de. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 2009, 2009.

CARVALHO, Tereza Cristina *et al.* Comparação da qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e

CUI, X *et al.* Relationship between root vigour, photosynthesis and biomass in soybean cultivars during 87 years of genetic improvement in the northern China. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 81–86, 2016.

DELLAGOSTIN, Marisa *et al.* Dissimilaridade genética em população segregante de soja com variabilidade para caracteres morfológicos de semente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 689–698, 2011.

DINIZ, Fábio Oliveira *et al.* Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 147–152, 2013.

FARIA, Anderson Paranzini *et al.* Ganho genético na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 71–78, 2007.

FEARNSIDE, Philip. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p. 23–38, 2001.

FISCHER, RA; EDMEADES, Gregory. Breeding and cereal yield progress. **Crop Science**, v. 50, n. 1, p. 85, 2010.

FOLLMANN, Diego Nicolau *et al.* Genetic progress in homogeneous regions of wheat cultivation in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, 2017.

GAZOLLA NETO, Alexandre *et al.* Rastreabilidade e variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 65–73, 2017.

GRIS, Cristiane Fortes *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**, v. 34, n. 2, p. 374–381, 2010.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

JIN, Jian *et al.* Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. **Field Crops Research**, v. 115, n. 1, p. 116–123, 2010.

KRZYANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA NETO, Jose de Barros; HENNING, Ademir Assis. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado**, v. 1, n. 2, p. 15–50, 1991.

KRZYANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA NETO, JB; HENNING, Ademir Assis. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Embrapa Soja-Circular Técnica**, 2018.

KRZYANOWSKI, Francisco Carlos. Relationship between seed technology research and federal plant breeding programs. **Scientia Agricola**, v. 55, p. 83–97, 1998.

LIMA, Juliana Domingues *et al.* Effect of temperature and substrate on seed germination of *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (leguminosae, caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 513–518, 2006.

MAGUIRE, James. Speed of germination — Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.

MARCOS FILHO, Júlio *et al.* Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 12, p. 1805–1815, 1990.

MARTINS, Cibele Chalita *et al.* Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 455–461, 2016.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. **FUNEP**, 1994.

PALUDZYSZYN FILHO, Estefano *et al.* Desenvolvimento de cultivares de soja na região Norte e Nordeste do Brasil. **Potafos**, 1993.

PAPARELLA, S *et al.* Seed priming: state of the art and new perspectives. **Plant Cell Reports**, v. 34, n. 8, p. 1281–1293, 2015.

PATTA, Sujatha; SHANKAR, V Gouri; GHATTY, Sreenivas. Research Note Correlation and path analysis studies in seed quality and storability characteristics of *Pongamia* genotypes. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 7, n. 4, p. 1155–1161, 2016.

PEREIRA, LA *et al.* Genetic progress estimation strategy for upright common bean plants using recurrent selection. **Embrapa Arroz e Feijão**, v. 16, n. 1, 2017.

PRIOLLI, Regina Helena Geribello *et al.* Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 967–975, 2004.

RINCKER, Keith *et al.* Genetic improvement of US soybean in maturity groups II, III, and IV. **Crop Science**, v. 54, n. 4, p. 1419–1432, 2014.

ROCHA, Gustavo Cruvinel *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 50–65, 2017.

ROWNTREE, Scott *et al.* Genetic gain × management interactions in soybean: I Planting date. **Crop Science**, v. 53, n. 3, p. 1128–1138, 2013.

SANTORUM, Márcia *et al.* Comparison of tests for the analysis of vigor and viability in soybean seeds and their relationship to field emergence. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 1, p. 83–92, 2013.

SCHUAB, Sandra Regina Pelegrinello *et al.* Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum**, v. 28, n. 4, 2006.

SILVA, Carolina Oliveira da; TEBALDI, Nilvanira Donizete. Physiological and sanitary quality of maize seeds treated with biological control agents. **Científica**, v. 45, n. 1, p. 25–30, 2017.

SILVEIRA, Daniel Augusto *et al.* Determination of the adaptability and stability of soybean cultivars in different locations and at different sowing times in Paraná state using the AMMI and Eberhart and Russel methods. **Semina: Ciências Agrárias**, 2016.

SINGH, Jaya; PAROHA, Seema; MISHRA, Ravi Prakash. Effect of storage on germination and viability of soybean (*glycine max*) and Niger (*guizotia abyssinica*) seeds. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n. 7, p. 484–491, 2016.

SINGHAL, Deepak Kumar *et al.* Interrelationship between different seed quality parameters in fennel. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n. 7, p. 484–491, 2016.

size on seedling vigour and seed yield. **Research Journal of Seed Science**, v. 7, n. 2, p.

SMANIOTTO, TA de S *et al.* Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446–453, 2014.

sua derivada transgênica. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 1, 2012.

TOLEDO, José de *et al.* Ganho genético em soja no estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 89–94, 1990.



VAL, Bruno Henrique Pedroso *et al.* Diversidade genética de genótipos de soja por meio de caracteres agromorfológicos. **Ciência & Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2014.

VANZOLINI, Silvelena *et al.* Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 90–96, 2007.

VASCONCELOS, Edmar Soares de *et al.* Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, 2015.