



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DIOGO GOMES

**VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA
PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

Londrina
2019

DIOGO GOMES

**VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA
PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Co-orientador: Dr. Fernando Augusto Henning

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Gomes, Diogo.

VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA / Diogo Gomes. - Londrina, 2019.
80 f.

Orientador: Claudemir Zucareli.

Coorientador: Liliane Marcia Mertz Henning.

Coorientador: Marizangela Rizzatti Ávila.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, , 2019.

Inclui bibliografia.

1. Glycine max(L.) Merrill - Tese. 2. Componentes de produção - Tese. 3. Potencial fisiológico - Tese. 4. Arranjo de plantas - Tese. I. Zucareli, Claudemir. II. Mertz Henning, Liliane Marcia. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. . IV. Título.

DIOGO GOMES

**VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA
PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dra. Liliane Marcia Mertz Henning
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
EMBRAPA soja

Dra. Marizangela Rizzatti Ávila
Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR

Londrina, 21 de fevereiro de 2019.

Dedico este trabalho

A Deus, por ser meu guia e proporcionar oportunidades;

Aos meus pais Neusa e Waldomiro, pela paciência e amor incondicional, responsáveis por todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por estar sempre ao meu lado.

A Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Ao meu orientador, Dr. Claudemir Zucareli, pela orientação, apoio, paciência, disponibilidade, dedicação, contribuições, ensinamentos, amizade e confiança em mim depositada durante minha formação.

Ao meu coorientador, Dr. Fernando Augusto Henning, pelos ensinamentos, incentivos, disponibilidade e compreensão. Agradeço toda ajuda, conselhos e oportunidades que a mim foram proporcionados e, sobretudo, pela amizade.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo.

A Embrapa Soja pela infraestrutura oferecida.

Aos pesquisadores da Embrapa Soja, Ademir Assis Henning, Irineu Lorini, Francisco Carlos Krzyzanowski e José de Barros França Neto pelos ensinamentos repassados.

Aos técnicos de laboratório da área de sementes da Embrapa Soja: Antônio, Adriana, Elpídio, Vilma e Waldemar pela ajuda nas avaliações deste trabalho e amizade.

A minha namorada Isabela pelo companheirismo, compreensão, incentivo, por acreditar em mim e estar sempre presente nos momentos de alegria e tristeza e, acima de tudo, pelo amor incondicional.

A minha tia Nair, pelo apoio e incentivo em minhas decisões.

Aos estagiários da Embrapa soja, pela ajuda nas avaliações dos experimentos.

Aos colegas e amigos de pós-graduação, em especial Ailton, Moryb, Marli, José e Júlia por me ouvirem nos momentos de angústia e pelas alegrias e companheirismos vividos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado

GOMES, Diogo. **Vigor de sementes e densidade de plantas na produtividade e na qualidade de sementes de soja**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

O estabelecimento do estande adequado de plantas é o passo inicial para o sucesso do campo de produção, o qual só é alcançado através da utilização de sementes de qualidade associado a densidade de semeadura apropriada. Estudos que buscam entender o efeito associativo destes fatores na produtividade e qualidade das sementes produzidas são escassos ou antigos, necessitando, desta forma, de novas pesquisas. Foram conduzidos dois experimentos com os objetivos de avaliar o efeito do vigor de sementes e de densidades de plantas na altura de plantas, nos componentes de produção, na produtividade, bem como na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cultivares de soja. O experimento A foi conduzido em Londrina-PR, sob delineamento experimental de blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 2, totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições, para cada cultivar (BRS 284 e BRS 388 RR). Foram avaliadas quatro densidades de plantas (160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹) e dois níveis de vigor de sementes (alto e baixo). Avaliou-se a altura de plantas, a altura de inserção da primeira vagem, o número de vagens por planta, nós na haste principal, vagens por nó, sementes por vagem nos terços basal, médio, superior e total, sementes por planta, massa de mil sementes e produtividade. Já o experimento B foi conduzido em Londrina-PR e Ponta Grossa-PR, com a cultivar BRS 284, sob delineamento experimental de blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 2, totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições. Foram estudadas quatro densidades de plantas (160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹) e dois níveis de vigor de sementes (alto e baixo). Avaliou-se a germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de emergência, emergência de plântulas em areia, comprimento e massa seca da parte aérea, de raiz e total de plântulas, além do teste de tetrazólio. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias para níveis de vigor foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi realizada em função da densidade de plantas. Não há efeito da interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para as características agronômicas estudadas em ambas as cultivares. O acréscimo na densidade de plantas aumenta a altura de plantas e reduz o número de sementes e vagens por planta, sem alterar a produtividade da cultivar BRS 284. O vigor de sementes não influencia a altura nem o desempenho produtivo da cultivar BRS 284. Para a cultivar BRS 388 RR, o uso de sementes mais vigorosas e maiores densidades refletem em maior rendimento de sementes. Não há influência da densidade de plantas e do vigor das sementes utilizadas para implantação da cultura na qualidade sanitária das sementes produzidas, tanto em Londrina como em Ponta Grossa. Em Ponta Grossa a utilização de sementes de baixo vigor associada a menores densidades reduz a qualidade fisiológica das sementes, ao passo que, em Londrina esses fatores não afetaram o potencial fisiológico das sementes produzidas. A influência da densidade de plantas e do vigor de sementes na qualidade das sementes produzidas depende do ambiente de cultivo.

Palavras-chave: *Glycine max*(L.) Merrill. Componentes de produção. Potencial fisiológico. Sanidade. Arranjo de plantas.

GOMES, Diogo. **Seed vigor and plant density on yield and quality of soybean seeds**. 2019. 80 p. Dissertation (Master's in Agronomy) – University of Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

The establishment of the suitable plant stand is the initial step for the success of the field of production, which is only achieved through the use of quality seeds associated with appropriate seed density. Researches that seek to understand the associative effect of these factors on the yield and quality of the seeds produced are scarce or old, requiring, in this way, new research. Were evaluated two experiments with the objectives of evaluating the effect of seed vigor and plant densities at plant height, yield components, productivity, as well as, the physiological and sanitary quality of soybean cultivars. The experiment A was conducted in Londrina-PR in the 2017/2018 harvest, under a randomized complete block design in the 4 x 2 factorial scheme, totaling 8 treatments, with 4 replications, for each cultivar (BRS 284 e BRS 388 RR). Were evaluated four plant densities (160, 240, 320 and 400 thousand ha^{-1} plants) and two levels of seed vigor (high and low). It was evaluated plant height, first pod insertion height, number of pods per plant, nodes on main stem, pods per node, seeds per pod on basal, medium, upper and total thirds seeds per plant, weight of a thousand seed and productivity. Already the experiment B was conducted in Londrina-PR and Ponta Grossa-PR, with cultivar BRS 284, under a randomized complete block design in 4 x 2 the factorial scheme, totaling 8 treatments, with 4 replications. Four plant densities (160, 240, 320 and 400 thousand plants ha^{-1}) and two levels of seed vigor (high and low). It was evaluated germination, first germination count, emergence velocity index, emergence of seedlings in sand, shoot length and dry mass, root and total seedlings, and the tetrazolium test. Data were subjected to analysis of variance, the means for vigor levels were compared by the F test at 5% probability. Regression analysis was performed as a function of plant density. There isn't effect of the interaction between seed vigor and plant density for the agronomic characteristics in both cultivars. The increase in plant density increases the height of plants and reduce the number of seeds and pods per plant, without altering the productivity of the cultivar BRS 284. Seed vigor does not influence the height or productive performance of cultivar BRS 284.. For the cultivar BRS 388 RR, the use of more vigorous seeds and higher densities reflect in higher seeds yield. There isn't influence of plant density and seeds vigor used to implant the crop in the sanitary quality of the seeds produced, both in Londrina such as Ponta Grossa. In Ponta Grossa, the use of low vigor seeds associated with lower densities reduce the physiological quality of the seeds, whereas in Londrina these factors did not affect the physiological potential of the seeds produced. The influence of plant density and seed vigor on seed quality depends on the growing environment.

Key words: Glycine max (L.) Merrill. Production components. Physiological potential. Sanity. Arrangement of plants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO A - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM FUNÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES E DA DENSIDADE DE PLANTAS

Figura 3.1 – Precipitação pluviométrica, temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax), por decêndio, no período de 01/11 a 31/03, registradas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - PR.....39

Figura 3.2 – Efeito isolado do fator densidade de plantas para as variáveis, altura de planta (A), altura de inserção da primeira vagem (B), vagens por planta (C), nós na haste principal por planta (D), vagens por nó (E) e sementes por planta (F), e interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para a variável sementes por vagem na haste superior (G e H) na cultivar BRS 284. Para a interação, letras maiúsculas diferentes, diferem os níveis de vigor, pelo teste F a 5% de probabilidade.46

Figura 3.3 – Efeito isolado do fator vigor de sementes para as variáveis, altura de planta (A) e produtividade (F) e efeito isolado de densidade de plantas para vagens por planta (B), nós na haste principal (C), vagens por nó (D), sementes por planta (E) e produtividade de sementes (G) para a cultivar BRS 388 RR. Para efeito isolado de vigor, letras maiúsculas diferentes, diferem os níveis de vigor, pelo teste F a 5% de probabilidade.49

ARTIGO B - VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS DE SOJA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DAS SEMENTES PRODUZIDAS

Figura 4.1 – Precipitação pluviométrica, temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax), por decêndio, no período de 01/11 a 31/03 em Londrina e Ponta Grossa-PR, registrados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - PR.....61

Figura 4.2 – Interação entre os fatores vigor de sementes e densidade de plantas para comprimento da parte aérea (A e B), comprimento de raiz (C e D) e

massa seca de raiz (E e F) e efeito isolado do fator densidade de plantas para índice de velocidade de emergência (G), em sementes de soja da cultivar BRS 284 produzidas em Londrina-PR. Para comparação dos níveis de vigor dentro de cada nível de densidade, médias com a mesma letra maiúscula não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade68

Figura 4.3 – Interação entre os fatores vigor de sementes e densidade de plantas para, primeira contagem da germinação (A e B), germinação (C e D), índice de velocidade de emergência (E e F) e emergência de plântula em areia (G e H), em sementes de soja da cultivar de BRS 284 produzidas em Ponta Grossa -PR. Para o desdobramento do nível de vigor dentro de cada nível de densidade, letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade72

Figura 4.4 – Efeito isolado do fator vigor de sementes para as variáveis comprimento de plântula (A) e comprimento da parte aérea (B) e, efeito isolado de densidade de plantas para massa seca da parte aérea (C), em sementes de soja da cultivar BRS 284 produzidas em Ponta Grossa - PR. Para efeito isolado de vigor, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade73

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM FUNÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES E DA DENSIDADE DE PLANTAS

- Tabela 3.1** – Valores médios dos atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja para a caracterização dos lotes de alto e baixo vigor40
- Tabela 3.2** – Atributos químicos do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm de profundidade, em Londrina- PR41
- Tabela 3.3** – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) para as características agronômicas, em plantas de duas cultivares de soja, em função do vigor de sementes e densidade de plantas.45

ARTIGO B - VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DAS SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS

- Tabela 4.1** – Valores médios dos atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja para a caracterização dos lotes de alto e baixo vigor utilizados na instalação dos experimentos.....61
- Tabela 4.2** – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) para primeira contagem de germinação (PCG); germinação (G); índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência de plântulas em areia (EPA) de sementes da cultivar de soja BRS 284, em função do vigor de sementes e da densidade de plantas.....65
- Tabela 4.3** – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) para: comprimento de plântula (CP), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de sementes da cultivar de soja BRS 284, em função do vigor de sementes e da densidade de plantas66
- Tabela 4.4** – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) do teste de tetrazólio de sementes da cultivar de soja BRS 284, em função do vigor de sementes e da densidade de plantas66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA.....	16
2.2	QUALIDADE DE SEMENTES.....	18
2.2.1	Qualidade Sanitária.....	19
2.2.2	Qualidade Fisiológica.....	19
2.2.2.1	Vigor.....	20
2.2.2.1.1	<i>Fatores que afetam o vigor das sementes</i>	22
2.4	DENSIDADE DE SEMEADURA NA CULTURA DA SOJA.....	25
2.4.1	Influência nas Características Agronômicas.....	25
	REFERÊNCIAS.....	28
3	ARTIGO A: CRESCIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA EM FUNÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES E DA DENSIDADE DE PLANTAS	35
3.1	RESUMO.....	35
3.2	ABSTRACT.....	36
3.3	INTRODUÇÃO.....	37
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
3.6	CONCLUSÕES.....	51
3.7	REFERÊNCIAS.....	52
4	ARTIGO B: VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DAS SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS	55
4.1	RESUMO.....	55
4.2	ABSTRACT.....	56
4.3	INTRODUÇÃO.....	57
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	60
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65

4.6	CONCLUSÕES.....	74
4.7	REFERÊNCIAS.....	76
5	CONCLUSÕES FINAIS.....	80

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi introduzida no Brasil como uma opção de cultura de verão em sucessão ao cultivo do trigo. Devido ao alto teor de proteína e óleo a soja passou a ser importante para a alimentação animal, humana e produção de biocombustíveis, tornando-se a principal cultura de grãos cultivada no país.

Através de programas de melhoramento genético foram desenvolvidas cultivares adaptadas às condições climáticas brasileiras, com adaptação a baixas latitudes, possibilitando assim, que em poucas décadas, o país se tornasse o maior exportador e o segundo maior produtor mundial do grão.

Apesar dos avanços tecnológicos e de manejo ocorridos na cultura da soja nos últimos anos, problemas na produção de sementes de alta qualidade ainda são comuns devido a adversidades climáticas, como déficit hídrico, excesso de chuvas e altas temperaturas na fase de maturação e colheita. Esses fatores afetam diretamente a qualidade fisiológica e sanitária além da armazenabilidade das sementes a serem utilizadas na implantação das lavouras na safra seguinte.

As cultivares, quando expostas a condições climáticas distintas, se expressam de maneira diferente, por isso, o estudo da interação genótipo x ambiente possui relevante importância na produção de grãos e, principalmente de sementes, pois, possibilita obter informações do melhor ambiente e época de cultivo para os diferentes genótipos, o que permite obter, além de altas produtividades, elevado potencial fisiológico e sanitário.

A qualidade de sementes é caracterizada pela associação de atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos. Dentre os atributos fisiológicos o vigor possui papel de destaque, isso porque está diretamente relacionado ao desempenho da planta a campo, que engloba a velocidade e a uniformidade de germinação, a emergência e taxa de crescimento de plântulas e a capacidade de compensação devido a plasticidade morfológica, bem como a possibilidade da expressão do potencial genético da cultivar.

É evidente a instabilidade das condições climáticas que estão ocorrendo ano após ano, principalmente no que se refere a variações de temperatura e de disponibilidade hídrica. Este fato fortalece e justifica a utilização de sementes

vigorosas, pois estas apresentam rápido e uniforme estabelecimento das plântulas a campo, possibilitando a formação de estandes uniformes mesmo sob condições desfavoráveis, o que pode refletir no crescimento e produtividade das plantas.

O arranjo espacial de plantas é outra característica que pode interferir na obtenção de altas produtividades e sementes de qualidade. Isto porque quando a planta de soja é submetida a diferentes densidades populacionais pode realizar alterações em sua morfologia buscando se adaptar às novas condições competitivas pelos fatores do ambiente. Estas modificações podem influenciar a altura, o número de ramos e vagens, bem como o número e a massa de sementes por planta.

No passado, era comum no cultivo da soja a utilização de populações acima de 600 mil plantas ha^{-1} . Devido aos avanços nos programas de melhoramento, manejo e, principalmente, à produção e a disponibilização de sementes de elevada qualidade, foi possível a redução da densidade de semeadura para cerca de 200 mil plantas ha^{-1} .

Nesse contexto, a compreensão da associação do vigor de sementes e densidades populacionais se torna uma ferramenta indispensável para garantir população adequada de plantas, possibilitando a obtenção de maiores produtividades e sementes de elevado potencial fisiológico.

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do vigor de sementes e de densidades de plantas no crescimento, nos componentes de produção, na produtividade, bem como na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cultivares de soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA

A história geográfica da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem como origem a China central. Inicialmente a soja era uma planta rasteira e há, aproximadamente, 3000 anos se disseminou pela Ásia e passou a ser utilizada como alimento (MELO, 2005). Segundo relatos, no continente americano a soja foi introduzida no ano de 1765 (HYMOWITZ; HARLAN, 1983).

No Brasil, após o século XIX, a soja foi utilizada primeiramente em caráter de testes. Em 1882 foram relatados experimentos no Estado da Bahia e, em 1901, no Rio Grande do Sul. A partir de então a soja começou a ganhar visibilidade por se tratar de um grão com altos níveis protéicos e assim, deu-se início a expansão da soja pelos diferentes estados brasileiros. Em âmbito mundial, o Brasil começou a ter importância como produtor do grão a partir de 1949 (EMBRAPA, 1987).

Dentre as principais espécies de interesse econômico a soja possui um grão que se destaca por seu teor de proteína (37%) e óleo (17%) (MARCOS-FILHO, 2015), características estas que determinam seu valor de comércio (MORAES et al., 2006).

Mundialmente a soja é considerada uma das leguminosas de maior importância. Na safra de 2017/2018 a produção mundial de soja foi de 334,8 milhões de toneladas, com produtividade de 2,7 t ha⁻¹, em cerca de 124 milhões de hectares cultivados em todo o mundo. O Estados Unidos foi responsável por 36% (119,5 milhões de toneladas) do volume total de soja produzido, fazendo uso de 36,2 milhões de ha, atingindo produtividade de 3,3 t ha⁻¹. O Brasil produziu 34% (115 milhões de toneladas), em 35 milhões de hectares obtendo produtividade média de 3,3 t ha⁻¹, tornando o país o segundo maior produtor mundial e maior exportador (76,7 milhões de toneladas), o que faz com que essa cultura seja de grande relevância para a economia brasileira (USDA, 2018).

A soja é cultivada em um grande número de estados brasileiros e as regiões com maior expressividade são o Centro-Oeste (MT, MS, GO e DF) e o Sul (PR, SC, RS). O maior produtor é o Mato Grosso com 31,5 milhões de toneladas e produtividade média de 3.309 kg ha⁻¹, seguido pelo Paraná com 19,2 milhões de toneladas e produtividade média de 3.506 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Para atender a implantação das áreas de cultivo, na safra brasileira de 2015/2016 foram produzidas cerca de 3,8 milhões de toneladas de sementes, o que movimentou aproximadamente de 10 bilhões de reais. As sementes de soja somaram 2,5 milhões de toneladas (67%), o que representa uma participação de 37% no valor movimentado (ABRASEM, 2016).

Avaliando-se a qualidade de sementes de soja por meio dos testes de tetrazólio e germinação, em 13 estados brasileiros (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Bahia, Tocantins, Piauí, Maranhão e Alagoas) verificou-se resultados médios de 81% de vigor, 90% de viabilidade e 90% de germinação, indicando que as sementes de soja apresentam alto vigor e viabilidade e encontram-se acima do limite mínimo de germinação, 80%, para comercialização no Brasil. Porém, a ocorrência de dano mecânico nas sementes produzidas no Rio Grande do Sul (7%), Minas Gerais (7,4%), Paraná (7,5%) e Maranhão (9%) tem restringido a qualidade dos lotes produzidos nesses estados (EMBRAPA, 2017).

A utilização de sementes de qualidade é fator preponderante para a obtenção de maiores produtividades. Lotes com baixo vigor causam redução na velocidade de emergência e proporcionam estabelecimento de estandes desuniformes (HOFES et al., 2004). Diferentemente, sementes com elevada qualidade fisiológica favorecem os índices de área foliar, a produção de massa seca, bem como o rendimento de grãos ou sementes, proporcionando a obtenção de produtividade 35% maior quando comparado a utilização de sementes de baixo vigor (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005).

A densidade de semeadura é outro fator de importância a ser considerado para a obtenção de elevadas produtividades de soja, podendo variar conforme a cultivar utilizada e ambiente de cultivo. No início do cultivo da soja no Brasil, era comum recomendações de 700.000 plantas por hectare (COPETTI, 2003), cenário bem diferente dos observados atualmente, em que cultivares modernas possibilitam utilização de cerca de 200.000 plantas por hectare (ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA NETO, 2017). A densidade de semeadura pode afetar os componentes de produção, o desempenho produtivo, a qualidade de grãos ou sementes e impactar nos custos de produção da soja. Ainda, os efeitos da densidade de semeadura são dependentes da interação com outros fatores de manejo, como as características edafoclimáticas do ambiente de cultivo, das características morfofisiológicas das

cultivares e a qualidade das sementes utilizadas.

2.2 QUALIDADE DE SEMENTES

Para a obtenção de uma lavoura com alto potencial produtivo é de fundamental importância a utilização de sementes de alta qualidade, com adequados atributos, genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. Para que seja considerada uma semente de alta qualidade a mesma necessita assumir características fisiológicas e sanitárias como alta taxa de vigor, germinação e sanidade, como também possuir pureza física e varietal. Dentre as vantagens da utilização de sementes de alta qualidade está a menor susceptibilidade a estresses abióticos como a ocorrência de estiagens e baixas temperaturas, que nestas condições minimizam as perdas no estabelecimento do estande, na taxa de crescimento da cultura e na produtividade em relação a utilização de sementes de baixo vigor (FRANÇA NETO; KRYZANOWSKI; HENNING, 2010).

A produção e comercialização de sementes de soja no Brasil é estabelecida por um padrão mínimo de qualidade de sementes regida pela Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2013) que estabelece mínimo de 80% de germinação, porém não determina padrão mínimo de vigor. A avaliação da qualidade fisiológica das sementes é de suma importância porque possibilita o embasamento para a tomada de decisão antecipada. O conhecimento do potencial fisiológico da semente e do desempenho inicial a campo reduz os riscos e prejuízos a nível de lavoura (DIAS e MARCOS-FILHO, 1996).

Após a colheita das sementes, são realizados procedimentos laboratoriais padrões para determinação dos atributos de qualidade das sementes. O atributo genético está relacionado a identidade do material e é avaliado através da verificação da presença de sementes de outras cultivares no lote. O atributo físico é determinado pela averiguação da existência de diferentes espécies e materiais inertes no lote, resultado obtido por meio da análise de pureza. Já o atributo fisiológico é aferido através dos testes de germinação e de vigor. O vigor pode ser verificado através de diferentes métodos como, por exemplo, o teste de tetrazólio. Por fim, o atributo sanitário é a determinação da sanidade de um lote de sementes quanto à doenças e pode ser realizado através do método blottertest (BRASIL, 2009).

2.2.1 Qualidade Sanitária

O componente sanitário refere-se à presença ou ausência de agentes patogênicos nas sementes e é determinado pelo grau de ocorrência de microorganismos e insetos que causam doenças ou danos, que são transmitidos pela semente e são capazes de causar reduções na produtividade das culturas no campo (TALAMINI et al., 2011).

No mundo, cerca de 90% das culturas destinadas à alimentação são propagadas via sementes (HENNING, 2005). Sob essa perspectiva, as sementes são a principal via de disseminação de fungos, bactérias, vírus e alguns fitonematóides que podem estar presentes nas mesmas e podem servir de fonte de inóculo primário na dispersão desses patógenos, acarretando em diversos danos às culturas (CHOUDHURY, 1982). A associação de fitopatógenos com sementes tem se tornado responsável por danos significativos em cultivos comerciais, causando prejuízos para os produtores de sementes, produtores de grãos e consumidores finais (BARROCAS; MACHADO, 2010).

Os principais patógenos presentes nas sementes de soja e que possuem importância econômica são: *Phomopsis* spp., *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium* spp., *Cercospora kikuchii*, *Aspergillus* spp. e *Rhizoctonia solani*, detectados com frequência. Também presentes, porém de importância secundária, estão os fungos *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Chaetomium* spp., *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp., *Epicoccum* spp., *Rhizopus* spp. e *Nigrospora* spp. (GOULART, 2005).

O uso de sementes com alto padrão de sanidade é a principal maneira de se controlar doenças e evitar a disseminação para novas áreas. Práticas como a manutenção da sanidade das áreas de produção e o tratamento de sementes são recomendadas, pois erradicam ou reduzem a presença de fitopatógenos (GOULART, 1998).

2.2.2 Qualidade Fisiológica

O componente fisiológico refere-se à longevidade da semente e à sua capacidade de gerar uma planta normal e vigorosa (TALAMANI et al., 2011). O potencial fisiológico está diretamente ligado à capacidade da semente desempenhar suas funções vitais, agregando informações sobre a germinação e vigor da semente

(MARCOS-FILHO, 2005).

A utilização de sementes com elevado potencial fisiológico é indispensável para a implantação de qualquer sistema de cultivo, por garantir populações adequadas de plantas, em diferentes condições ambientais e assim, possibilitar a expressão do máximo potencial da cultura (BARBOSA et al., 2012).

Diferentes testes têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados possibilitando a identificação precoce de lotes de sementes de alto potencial fisiológico através da germinação e vigor (MARCOS-FILHO, 2015). No Brasil, os testes oficiais de germinação e vigor são estabelecidos pelas regras de análise de sementes, a qual tem como objetivo padronizar as avaliações e obter valores representativos dos lotes em questão (BRASIL, 2009).

O teste de germinação de sementes visa proporcionar condições ótimas de temperatura, umidade e luminosidade para que as sementes expressem o seu máximo potencial fisiológico. Contudo é recomendado a utilização complementar do teste de vigor, pois este é capaz de detectar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes de sementes com germinação semelhante (MARCOS-FILHO, 2015). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), lotes de sementes de mesma cultivar, com porcentagens de germinação análogas, podem apresentar diferentes comportamentos e porcentagens de emergência de plântulas em condições de campo. Logo, o vigor surge como uma ferramenta para identificar e explicar o desempenho ineficiente de lotes de alta germinação após semeadura à campo ou durante o armazenamento (MARCOS-FILHO, 2015).

2.2.2.1 Vigor

O conceito de vigor de sementes refere-se a características da semente que determinam o seu potencial fisiológico para uma emergência uniforme, rápida com o desenvolvimento de plântulas normais, mesmo quando submetidas sob condições ambientais desfavoráveis (AOSA, 1983).

Lotes de sementes de baixo vigor podem apresentar reduzida velocidade de germinação, acarretando em desuniformidade de estande (KOLCHINSKI, SCHUCH e PESKE, 2005). O vigor das sementes determina a proporção e a velocidade de emergência de plântulas a campo e tem potencial de influenciar a produtividade de culturas, a exemplo da soja (ROSSI, 2012).

O nível do vigor e a proporção de sementes de alto e baixo vigor dentro de um lote de sementes interferem no crescimento e desempenho produtivo. Autores como Schuch, Kolchinski e Finatto (2009) trabalhando com a performance individual de plantas de soja, constataram que o uso de sementes de alto vigor resulta em maior altura de plantas e diâmetro de caule, com rendimento de grãos 25% superior a sementes menos vigorosas.

O uso de sementes de baixo vigor, em comparação às de alto vigor, possuem influência direta no comportamento individual de plantas de soja, o que pode levar a redução da estatura, e modificar o número de vagens e grãos por planta, o que compromete o potencial produtivo da cultura da soja em até 17 % (PANOZZO et al., 2009). Scheeren et al. (2010), em trabalho análogo, concluíram que o uso de sementes de baixo vigor reduz a produtividade em 9 %, além de afetar a uniformidade e a altura de plantas.

Segundo Vanzolini e Carvalho (2002), a principal diferença entre sementes de baixo e alto vigor é percebida no desenvolvimento inicial da cultura, evidenciada por uma menor velocidade de emergência e população final de plantas, bem como menor altura final de plantas, porém essas divergências não afetam a produtividade final.

Plantas provenientes de sementes de baixo vigor apresentam menor altura de inserção da primeira vagem, característica esta importante para a cultura da soja, já que plantas com inserção da primeira vagem mais alta, normalmente decorrem de plantas mais bem desenvolvidas e que são mais competitivas com plantas daninhas por luz, além, de as perdas na colheita serem menores (ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA NETO, 2017).

Outro fator a ser destacado, está relacionado a diferença entre a composição química das sementes de alto e baixo vigor. Sementes de alto vigor possuem maiores teores de amido, açúcares e proteínas solúveis, o que leva a uma maior massa de mil sementes e massa seca de plântulas e cotilédones, resultando em melhor desempenho e crescimento inicial (HENNING et al., 2010).

Em suma, os testes de vigor são empregados na verificação da qualidade de lotes de sementes durante o processo de armazenamento e para prever a queda de qualidade durante o tempo, através do teste de envelhecimento acelerado, ou no momento da semeadura, buscando estimar o comportamento do lote de sementes a campo (MARCOS-FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Não há consenso quanto a utilização de um único teste de vigor, o qual seja eficiente ao ponto de substituir todos os outros, deste modo, esforços vêm sendo realizados por inúmeros pesquisadores na busca do teste que proporcione este feito. Coimbra et al. (2009), avaliando a eficiência de diferentes testes de vigor, concluíram que dentre os testes de primeira contagem, precocidade de emissão de raiz primária, teste de frio, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, a condutividade elétrica se mostrou o mais eficiente na diferenciação do vigor de diferentes lotes de sementes.

2.2.2.1.1 Fatores que afetam o vigor das sementes

O vigor das sementes pode ser afetado por inúmeros fatores, dentre eles se destacam: o genótipo; a nutrição da planta mãe; o controle de patógenos e insetos praga; os elementos climáticos durante o desenvolvimento e maturação da planta mãe; bem como as condições de colheita, beneficiamento e armazenamento das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; MARCOS-FILHO, 2013).

As características dos genótipos relacionadas a qualidade fisiológica são provenientes dos cruzamentos dos parentais, sendo assim, é possível obter diferentes cultivares de uma mesma espécie de modo que apresentem variações quanto ao vigor das sementes (MERTZ et al., 2009). A diversidade genética é uma importante ferramenta para os programas de melhoramento visando a obtenção de características desejáveis quanto a produção de cultivares de soja com melhores níveis e estabilidade para o vigor de sementes (SANTOS et al., 2012).

Fatores genéticos podem governar a composição química das sementes de soja como os teores de óleo, proteínas e isoflavonas (AVILA et al., 2007), estas possuem efeito antioxidante, característica que pode ser importante mecanismo de garantia do vigor, uma vez que a degradação da membrana celular ocorre pela ação de radicais livres (KRYZANOWKI; FRANÇA NETO, 2001).

O manejo da nutrição da planta mãe durante o desenvolvimento da cultura pode influenciar o vigor de sementes, visto que os nutrientes possuem inúmeras funções como ativação enzimática, transferência de energia e regulação hormonal, características fundamentais para a produção de sementes vigorosas (MELARATO et al., 2002). Mann et al. (2002), observaram ganhos no vigor de sementes de soja quando as plantas receberam suplementação com manganês.

Entretanto, Bevilaqua, Silva-Filho e Possenti (2002), não notaram efeito no vigor quando realizada aplicação de cálcio e boro via foliar.

Os patógenos podem afetar o vigor das sementes de diferentes maneiras. Primeiramente, quando a semente ainda se encontra ligada à planta mãe, ou seja, o patógeno ataca a planta mãe afetando a capacidade desta destinar fotoassimilados suficientes para a formação do embrião e acúmulo de reservas. Em um segundo caso, o patógeno infecta a semente e nela ocasiona a deterioração, devido alterações na composição nutricional e nas propriedades químicas levando a redução do vigor das sementes (PESKE; ROSENTHAL; ROTA, 2012). Carvalho e Nakagawa (2012) evidenciam que dentre os microorganismos, os fungos são os principais agentes causadores da redução do vigor de sementes.

Dentre os fungos que reduzem o vigor das sementes está o fungo de armazenamento mais comumente encontrado denominado *Aspergillus* spp.. Esse patógeno possui potencial de ocasionar redução do comprimento de plântulas e da massa seca da parte aérea e raiz em 44%, 81% e 76% respectivamente, demonstrando o potencial de prejuízo causado pelo fungo ao vigor das sementes (ROCHA et al., 2014).

O tratamento químico de sementes é uma alternativa para o controle dos patógenos durante o processo de armazenamento. Entretanto, é um procedimento que devido a fitotoxicidade dos agroquímicos ao embrião das sementes intensifica a redução da germinação e, principalmente, do vigor das sementes de soja durante o armazenamento, muitas vezes, impossibilitando o uso dessa ferramenta de forma antecipada a semeadura visando o armazenamento (ROCHA et al., 2017).

Entre os insetos causadores de redução do potencial fisiológico das sementes, os percevejos destacam-se como os principais causadores de redução do vigor, destacando-se o *Nezara viridula*, *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii*. As sementes atacadas podem apresentar aspecto chocho, redução do tamanho e peso, enrugamento, alteração da pigmentação, além de intensificação da atividade respiratória e consequente redução do vigor (SMIDERLE et al., 1997; CORRÊA FERREIRA; PANIZZI, 1999).

Durante ciclo de desenvolvimento da cultura da soja, os fatores ambientais são aqueles de mais difícil controle e mais limitantes às máximas produtividades e a obtenção de sementes de qualidade, entre os estresses abióticos mais frequentes pode se citar os estresses hídricos, temperaturas extremas e baixa

luminosidade, entre outros (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

O estresse hídrico tem sido considerado o fator climático de maior influência sobre a produção agrícola. A produção de sementes de soja é altamente influenciada pela distribuição desuniforme da precipitação pluviométrica, bem como pelo déficit ou excesso das chuvas, o que se torna fator limitante à obtenção de altos rendimentos, principalmente quando ocorrem durante as fases de floração e translocação de reservas para o embrião e cotilédones (MORANDO et al., 2014; FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2009).

A qualidade das sementes é também influenciada pela temperatura, principalmente pela ocorrência de altas temperaturas nas épocas de floração e granação. Pereira et al. (1979), estudando o efeito da época de semeadura na qualidade fisiológica de sementes de soja observaram que a incidência de altas temperaturas associadas à ocorrência de chuva, afetaram negativamente a qualidade das sementes produzidas.

Oscilações de temperatura e umidade relativa do ar após a maturidade fisiológica é apontada como uma das principais causas de redução do vigor de sementes, isso ocorre porque ao se desligar fisiologicamente da planta mãe, as sementes sofrem constantes processos de desidratação e hidratação (COSTA et al., 2005b). As variações no tamanho das sementes durante a maturação levam a formação de rugas no tegumento e cotilédone, o que pode resultar em maiores índices de dano mecânico durante a colheita, reduzindo o vigor (COSTA et al., 2005a; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

Devido à sensibilidade da cultura da soja ao fotoperíodo, a época de cultivo causa grandes impactos no ciclo da soja (MOTTA et al., 2000). A produção de sementes de soja no inverno afeta a planta como um todo, pois reduz o ciclo da cultura, principalmente nas cultivares consideradas tardias e há grande influência sobre o período entre o florescimento e a maturação, afetando o desenvolvimento e qualidade das sementes produzidas (CRUSCIOL et al., 2002).

A escolha do local de produção, posicionamento dos genótipos, manejo a campo, e o beneficiamento correto podem proporcionar produção de sementes com elevados níveis de vigor, além de aumentar o rendimento das sementes produzidas (BRACCINI et al, 2003 FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

2.4 DENSIDADE DE SEMEADURA NA CULTURA DA SOJA

Nos últimos anos a sojicultura nacional passou por várias mudanças no que diz respeito aos pacotes tecnológicos, como o uso do sistema de semeadura direta e o surgimento de novas cultivares. As novas variedades de soja lançadas no mercado possuem hábitos de crescimento e arquiteturas diferentes das cultivares anteriormente semeadas, exigindo mudanças no arranjo de plantas praticadas pelo agricultor (SOUZA et al., 2010).

A densidade de semeadura pode ser alterada com o intuito de estabelecer o melhor arranjo de plantas, para assim se obter a maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada. Nas últimas décadas a soja passou de populações de 600.000 a 700.000 plantas por hectare para atuais 250.000 a 350.000 planta por hectare com espaçamentos que variam de 40 a 60 cm entre fileiras. Esses avanços, com densidades mais próximas da mínima ótima para altos rendimentos, não permitem mais erros de semeadura e de estabelecimento do estande (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002; COPETTI, 2003; EMBRAPA, 2000).

Embora existam estudos relacionando a densidade de semeadura com o desempenho produtivo de grãos (CRUZ et al., 2016; BALBINOT JUNIOR et al., 2015), são poucos os estudos associando efeito da densidade de semeadura com a qualidade fisiológica e sanitária das sementes produzidas. Além disso, os trabalhos existentes são antigos com cultivares já não mais utilizados comercialmente, fazendo-se necessários novos estudos sobre o assunto.

2.4.1 Influências da densidade de plantas nas Características Agronômicas

A variação na densidade, a época e o local de semeadura na cultura da soja podem provocar alterações morfológicas na altura de planta (KOMORI et al., 2004; MARCHIORI et al., 1999); no número de ramificações (HEIFFIG, 2002); no número de vagens por planta (PEIXOTO et al., 2000); no número de sementes por vagem (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002); e no número de sementes por planta (BOARD; KAHLOH, 2013). As alterações nos componentes de produção são frequentemente observadas em função de variações da densidade de plantas, entretanto, na maioria dos casos essas alterações de densidade não refletem em incremento ou perda de produtividade devido à alta capacidade compensatória da cultura (PEIXOTO

et al., 2000).

Quando há um aumento da densidade acima do ideal para determinada cultivar ocorre linearmente um aumento da altura de plantas devido à competição pelos fatores ambientais. Esse estiolamento das plantas origina plantas mais altas e/ou com caules mais finos o que causa uma maior susceptibilidade ao acamamento (MAUAD et al., 2010; BALBINOT JUNIOR et al., 2015).

Martins et al. (1999), notaram que conforme se aumenta as densidades de semeadura, ocorre redução do número de ramos formados na haste principal das plantas. Essa redução foi explicada devida à competição intraespecífica na linha por fatores ambientais relacionados ao crescimento, especialmente a luz, o que levou a menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações.

Dentre os componentes de produção o número de vagens por planta contribui para uma maior estabilidade da produtividade às alterações de densidade, variando inversamente ao aumento ou redução da população (PEIXOTO et al., 2000). Heiffig et al., (2010), observaram que independente dos espaçamentos estudados (0,20, 0,30, 0,40, 0,50 m) as menores populações (70.000 e 140.000 plantas por hectare) proporcionaram maior número de vagens por planta das quais a maior quantidade foi das que continham 2 a 3 sementes. Quanto ao rendimento por plantas, Oz (2008) e Watanabe et al. (2005) trabalhando com diferentes densidades, observaram que conforme se aumentou a densidade houve uma redução da produtividade por planta. Ou seja, em densidades menores, a produtividade por planta é maior o que é explicado pela capacidade que a cultura da soja possui em ajustar os componentes de produção.

Com o avanço das tecnologias no sistema de produção da soja diversos autores apontam para a redução da densidade de semeadura (COX; CHERNEY; SHIELDS, 2010; BRUIN; PEDERSEN, 2008) baseada em um maior retorno econômico devido a capacidade compensatória da planta e ao menor gasto com sementes por área (BOARD, 2000; ROBINSON et al., 2009; PROCOPIO et al., 2014).

Quanto a influência da densidade de plantas na qualidade de sementes de soja, variações de 160.000 a 400.000 plantas ha⁻¹ no espaçamento de 0,43 m entre linhas não afetaram os testes de germinação e vigor avaliado pelo envelhecimento acelerado das cultivares BRSMG 68 Vencedora e M-SOY 8001

(VAZQUEZ; CARVALHO; BARBA, 2008).

Fica evidente a influência isolada da densidade de plantas nos componentes de produção e rendimento da cultura da soja, porém, pouco se sabe sobre o efeito da interação de densidade de plantas e vigor de sementes sobre as características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica e sanitária das sementes produzidas, necessitando dessa maneira de mais estudos com estes enfoques.

REFERÊNCIAS

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudas. Anuário, 2016. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_site.pdf>. Acesso em: 01 set. 2018.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p.
- AVILA, M. R.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A.; MANDARINO, J. M. G.; ALBRECHT, L. P.; VIDIGAL FILHO, P. S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, nº 3, p. 111-127, 2007.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. D. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semente influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina, EMBRAPA SOJA, 2015. (Documentos 364).
- BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, M. A.; CENTURION, M. A. P. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012.
- BARROCAS, E. N.; MACHADO, J. C. Introdução a patologia de sementes e testes convencionais de sanidade de sementes para a detecção de fungos fitopatogênicos. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 3, p. 74-77, 2010.
- BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.
- BOARD, J. E.; KAHN, C. S. Morphological responses to low plant population differ between soybean genotypes. **Crop science**, v. 53, n. 3, p. 1109-1119, 2013.
- BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. **Crop Science**, v. 40, n. 5, p. 1285-1294, 2000.
- BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; ÁVILA, M. R.; SCHUAB, S. R. P. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 1, p. 76-86, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília**, DF, n. 183, 20 set. 2013. Seção 1, p. 6-27.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa / ACS, 2009. 398p.

BRUIN, J. L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. **Agronomy journal**, v. 100, n. 3, p. 704-710, 2008.

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

CHOUHDURY, M. M. **A importância das sementes na disseminação das doenças de plantas**. EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 1982.

COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, 2009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2017/2018 – Sétimo levantamento**. Abril, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/component/k2/item/download/16780_e7a4a52e1db76ad1a8cfda9b2343c48>. Acesso em: 01 abr. 2018.

COPETTI, E. Plantadoras: Distribuição de sementes. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 18, p. 14-17, 2003.

CORRÊA FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina-PR: Embrapa Soja - CNPSO, 1999. 45p.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; FRANÇA-NETO, J. B.; MAURINA, A. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A. Validação do zoneamento ecológico do estado do Paraná para produção de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2005a.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 1-6, 2005b.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 4, p. 1238-1243, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; LAZARINI, E.; BUZO, C. L.; SÁ, M. E. D. Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja avaliadas na semeadura de inverno. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 79-86, 2002.

CRUZ, S. C. S.; JUNIOR, D. G. S.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O., MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de agricultura neotropical**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

DIAS, D. C. F. S; MARCOS FILHO, J. testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1996.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil – safra 2015/16**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076672/qualidade-de-sementes-e-graos-comerciais-de-soja-no-brasil---safra-201516>>. Acesso em: 01 set. 2018.

EMBRAPA. **A soja no Brasil: história e estatística**. EMBRAPA-Soja, Londrina, 1987. 61p

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil: 2000/2001**. Londrina, 2000. 245 p. (Documentos, 146).

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

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: **INMET**, p. 263-277, 2009.

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

GOULART, A. C. P. **Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas em condições de déficit hídrico do solo**. Embrapa Agropecuária Oeste. 2005. 6 p (Comunicado Técnico, 106).

GOULART, A. C. P. **Tratamento de sementes de soja com fungicidas: recomendações técnicas**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados. p. 32, 1998. (Circular Técnica, 8).

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L) Merril) em diferentes arranjos espaciais**. Dissertação (Mestrado) Esalq. Piracicaba, 2002.

HEIFFIG, L. S.; CAMARA, G. M.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S.M. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, v. 80, p. 188-212, 2010.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Documentos 264. 2ª Ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, 52p.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, 2010.

HOFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 54-62, 2004.

HYMOWITZ, T.; HARLAN, J. R. Introduction of soybean to North America by Samuel Brown in 1765. **Economic Botany**, v. 37, p. 371-379, 1983.

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

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.

KRYZANOWSKI, F.C.; FRANCA-NETO J. B; Vigor de sementes. **Informativo Abrates**, v. 11, n. 3, 2001.

MANN, E. N.; DE RESENDE, P. M.; MANN, R. S.; CARVALHO, J. G.; VON PINHO, E. V. R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.

MARCHIORI, L. F. S.; CÂMARA, G. M. S.; PEREIRA, C. P.; MARTINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 660p.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARCOS-FILHO, J. **Importância do potencial fisiológico da semente de soja**. Informativo Abrates, v. 23, n. 1, p. 21-23, 2013.

MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia agrícola**, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

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

- MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G. C.; VIEIRA, R. D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1069-1071, 2002.
- MELO, R. W. **Parametrização de modelo para estimação da produtividade da soja nas regiões do Planalto Médio, das Missões e do Alto Vale do Uruguai, Rio Grande do Sul**. 2005. 196 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; CRUZ, H. L.; MENEGHELLO, G. E.; FERRARI, C. D. S.; ZIMMER, P. D. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.
- MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 725-729, 2006.
- MORANDO, R.; SILVA, A. O.; CARVALHO, L. C.; PINHEIRO, M. P. Déficit hídrico: Efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 114-129, 2014.
- MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. C. L. Características agrônômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista brasileira de sementes**, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.
- OZ, M. Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. **African Journal of Biotechnology**, v. 7 n. 24, p. 4464-4470, 2008.
- PANOZZO, L. E.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; MIELEZRSKI, F.; PESKE, F. B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, v. 16, n. 1, 2009.
- PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 89-96, 2000.
- PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. D.; QUEIROZ, E. D.; NEUMAIER, N.; TORRES, E. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, n. 3, p. 77-89, 1979.
- PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª edição. Pelotas: Editora rua Pelotas, 2012. 573p.
- PROCOPIO, S. O.; BALBINOT-JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Agro@mbiente online**, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

ROBINSON, A. P.; CONLEY, S. P.; VOLENEC, J. J.; SANTINI, J. B. Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 1, p. 131-139, 2009.

ROCHA, F. S.; CATÃO, H. C. R. M.; BRANDÃO, A. A.; GOMES, L. A. A. Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, 2014.

ROCHA, G. C.; NETO, A. R.; CRUZ, S. J. S.; CAMPOS, G. W. B.; OLIVEIRA CASTRO, A. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 50-65, 2017.

ROSSI, R. B. **Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2012.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Rev.Cienc. Agrar**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; CAPONE, A.; MELO, A. V.; CELLA, A. J. D. S.; SANTOS, W. R. Divergência genética entre genótipos de soja com base na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, 2012.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, 2009.

SMIDERLE, O. J.; SANTOS FILHO, B. G.; SANTOS, D. S. B.; LOECK, A. E.; SILVA, J. B. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) submetidas ao ataque de *RhizoperthadominicaFabriciuseSitophilus* sp. durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 1-8, 1997.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM-JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja RoundupReadyTM. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

TALAMINI, V.; ALMEIDA, N. A.; LIMA, N. R. S.; SILVA, A. M. F.; CARVALHO, H. W. L.; SOUZA, R. C. **Avaliação da Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol introduzidas para cultivo em Sergipe**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Dezembro, 2011. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 67).

TOURINO, M. C. C.; DE REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

USDA. United States Department of Agriculture. World Agricultural Supply and Demand Estimates. WASDE-581, 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2018.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M. D.; BORBA; M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 01-011, 2008.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B.; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A.; CUCOLOTTO, M. Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 4, 2005.

3 ARTIGO A: CRESCIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA EM FUNÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES E DA DENSIDADE DE PLANTAS

3.1 RESUMO

O uso de sementes de soja de qualidade, que interfere no estande desejado e na taxa de crescimento inicial das plantas, juntamente a densidade de plantas adequada é o passo inicial para a máxima expressão do potencial produtivo das cultivares. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do vigor de sementes associado a densidades populacionais, na altura de plantas, nos componentes de produção e no rendimento de sementes de duas cultivares de soja. O experimento foi conduzido em Londrina-PR na safra 2017/2018, sob delineamento experimental de blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 2, totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições, para cada cultivar (BRS 284 e BRS 388 RR). Foram avaliadas quatro densidades de plantas (160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹) e dois níveis de vigor de sementes (alto e baixo). Avaliou-se a altura de plantas, a altura de inserção da primeira vagem, o número de vagens por planta, nós na haste principal, vagens por nó, sementes por vagem nos terços basal, médio, superior e total, sementes por planta, massa de mil sementes e produtividade. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias para níveis de vigor foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi realizada em função da densidade de plantas. Não há efeito da interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para as características agronômicas estudadas em ambas as cultivares. O acréscimo na densidade de plantas aumenta a altura de plantas e reduz o número de sementes e vagens por planta, sem alterar a produtividade da cultivar BRS 284. O vigor de sementes não influencia a altura nem o desempenho produtivo da cultivar BRS 284. Para a cultivar BRS 388 RR, o uso de sementes mais vigorosas e maiores densidades refletem em maior rendimento de sementes.

Palavras-chave: *Glycine max*(L.) Merrill Potencial fisiológico. Arranjo de plantas, Componentes de produção. Produtividade.

GROWTH AND PRODUCTION PERFORMANCE OF SOYBEANS IN THE FUNCTION OF THE SEED VIGOR AND PLANT DENSITY

3.2 ABSTRACT

The use of quality soybean seeds, which interferes in the desired stand and the initial growth rate of the plants, together with the appropriate plant density is the initial step for maximum expression on productive potential of the cultivars. Thus, the objective was to evaluate the effect of seed vigor associated with population densities, at plant height, in yield components and in seed yield of two soybean cultivars. The experiment A was conducted in Londrina-PR in the 2017/2018 harvest, under a randomized complete block design in the 4 x 2 factorial scheme, totaling 8 treatments, with 4 replications, for each cultivar (BRS 284 e BRS 388 RR). Were evaluated four plant densities (160, 240, 320 and 400 thousand ha⁻¹ plants) and two levels of seed vigor (high and low). It was evaluated plant height, first pod insertion height, number of pods per plant, nodes on main stem, pods per node, seeds per pod on basal, medium, upper and total thirds, seeds per plant, weight of a thousand seed and productivity. Data were subjected to analysis of variance, the means for vigor levels were compared by the F test at 5% probability. Regression analysis was performed as a function of plant density. There isn't effect of the interaction between seed vigor and plant density for the agronomic characteristics in both cultivars. The increase in plant density increases the height of plants and reduce the number of seeds and pods per plant, without altering the productivity of the cultivar BRS 284. Seed vigor does not influence the height or productive performance of cultivar BRS 284. For the cultivar BRS 388 RR, the use of more vigorous seeds and higher densities reflect in higher seeds yield.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, physiological potential, plant arrangement, production components, productivity.

3.3 INTRODUÇÃO

O estabelecimento do estande adequado de plantas na cultura da soja é o passo inicial para o sucesso do campo de produção, pois refletirá em alta produtividade se os demais fatores de produção estiverem disponíveis satisfatoriamente (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010). Além da população ideal de plantas, o que é variável entre genótipos, o uso de sementes vigorosas é de vital importância, pois possibilita o desenvolvimento igualitário entre plantas, minimizando a competição inter e intraespecífica por recursos ambientais como, água, luz e nutrientes (MARCOS-FILHO, 2015; EMBRAPA, 2015).

Dentre as práticas de manejo a associação do genótipo, época e densidade de semeadura são fatores que interferem no rendimento e nos componentes agronômicos da soja (MAUAD et al., 2010). A densidade por sua vez, em um dado espaçamento entre linhas, determina o arranjo das plantas no ambiente de produção influenciando o crescimento e desenvolvimento da soja (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002; COPETTI, 2003).

A cultura da soja tolera uma ampla variação na população de plantas sem grandes alterações no rendimento de grãos (BOARD, 2000). Isto é possível devido a capacidade que esta espécie possui em realizar alterações morfológicas tais como, aumento ou redução na altura de planta (KOMORI et al., 2004; MARCHIORI et al., 1999), no número de ramificações (HEIFFIG, 2002), no número de vagens por planta (PEIXOTO et al., 2000), no número de grãos por vagem (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002), bem como no número de grãos por planta (BOARD; KAHN, 2013), contudo, essa plasticidade pode ser dependente do vigor das sementes, principalmente nas fases iniciais de crescimento.

Sementes de alta qualidade possuem bons níveis dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, fatores importantes na instalação de uma lavoura (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010). Dentre estes, o vigor de sementes é uma das principais características a ser levada em consideração, pois proporciona uma germinação rápida e uniforme, características que favorecem principalmente o crescimento e desenvolvimento inicial da planta. Isso possibilita que as plantas respondam de maneira positiva a condições estressantes que o sistema de produção possa impor durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012), possibilitando a expressão da capacidade de compensação em

caso de baixas densidades populacionais.

Entretanto, a influência do vigor das sementes sobre a produtividade da cultura tem permanecido um tanto contraditória na literatura. Vanzolini e Carvalho (2002), avaliando o efeito do vigor de sementes de soja sobre o desempenho em campo, observaram que semente de baixo vigor quando comparadas as de alto vigor refletiram em menor emergência e velocidade de emergência, bem como plantas mais baixas, porém essas diferenças não refletiram em menor produtividade.

Por outro lado, Kolchinshi, Schuch e Peske (2005), observaram que plantas originadas de sementes de alto vigor apresentaram superior índice de área foliar, produção de massa seca e ganho de 35% no rendimento de grãos quando comparado ao uso de sementes menos vigorosas. O mesmo foi observado por Schuch, Kolchinshi e Finatto (2009), em que plantas oriundas de sementes de elevada qualidade fisiológica apresentaram maior diâmetro de caule, altura e produtividade 25% superior que as sementes de baixa qualidade.

A divergência de efeitos do vigor de sementes sobre o desempenho produtivo da soja, pode estar relacionado a possíveis interações com outros fatores de manejo como o genótipo, a densidade populacional e o ambiente de cultivo. A densidade de plantas e o vigor de sementes são variáveis que se interagem, influenciando na tomada de decisão no momento da semeadura, pois podem interferir no desempenho agrônomo e na produtividade da soja. Porém, ainda há contradições e questionamentos se quando ajustada à população de plantas em função do potencial germinativo, o vigor da semente ainda afeta o crescimento e rendimento de sementes (SCHEEREN et al., 2010; ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA NETO, 2017), principalmente sob baixas densidades populacionais onde se aumenta a dependência da expressão da capacidade de compensação para manter a produtividade.

Diante do exposto, a presente pesquisa objetivou avaliar o efeito do vigor de sementes associado a densidades populacionais, no crescimento, nos componentes de produção e no rendimento de sementes de duas cultivares de soja.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento a campo foi conduzido na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), Londrina- PR, localizada em latitude de 23° 11' Sul, longitude 51° 10' Oeste a altitude de

aproximadamente 557 m. O solo na região é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (BHERING; SANTOS, 2008).

Em Londrina, o clima segundo o sistema de classificação de Köppen é Cfa (clima subtropical úmido) em que a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente é acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR, 2018). Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica e temperaturas durante o período de condução dos experimentos foram obtidos na estação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Figura 3.1).

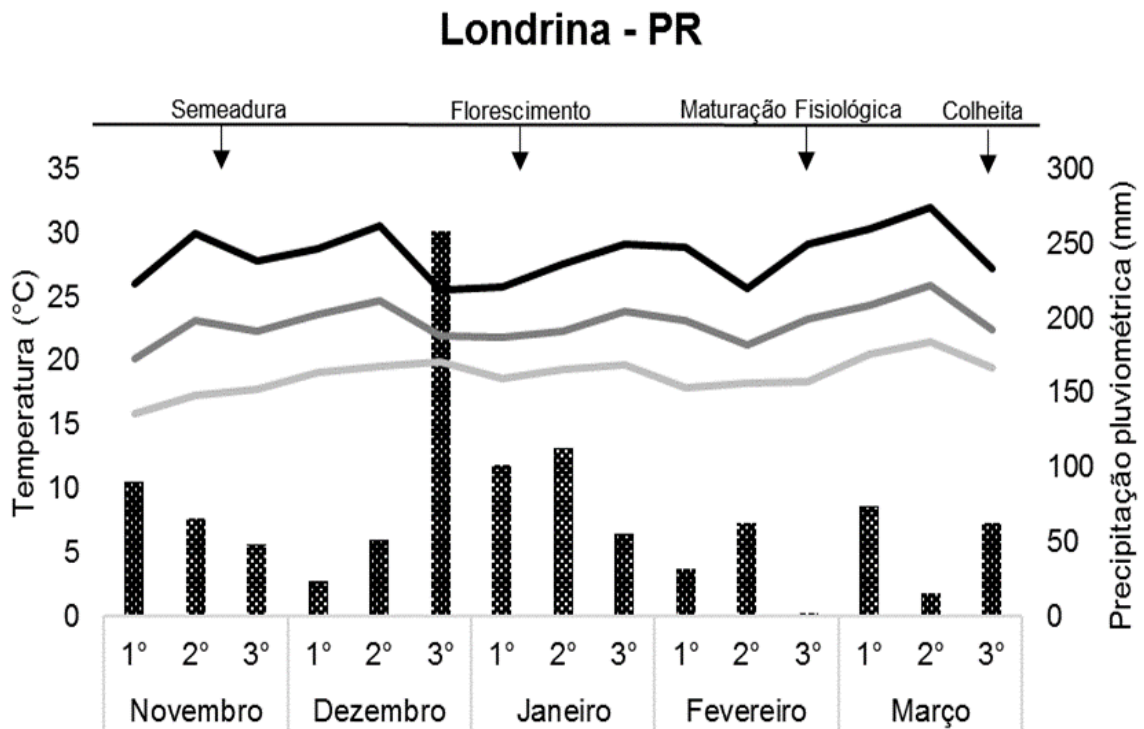


Figura 3.1. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax), por decêndio, no período de 01/11 a 31/03, registradas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - PR.

O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 2, totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições. Foram avaliadas quatro densidades de semeadura (160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹, em espaçamento de 0,5 metros) e dois níveis de vigor de sementes (alto e baixo).

Avaliou-se separadamente duas cultivares de soja, BRS 284

(convencional) e BRS 388 RR (transgênica). A cultivar BRS 284 possui grupo de maturação 6.3, densidade recomendada de 270.000 plantas ha⁻¹, de crescimento indeterminado com ciclo precoce variando de 120 a 126 dias para altitudes de até 700 metros. Já a cultivar BRS 388 RR enquadra-se no grupo de maturação 6.4, densidade recomendada de 310.000 plantas ha⁻¹, de hábito de crescimento indeterminado com ciclo precoce variando de 118 a 124 dias para altitudes de até 700 metros (CARNEIRO et al. 2012).

As sementes utilizadas para a instalação do experimento foram provenientes de Ponta Grossa safra 2016/2017. Para a seleção dos lotes de sementes, tanto para as de alto vigor como de baixo vigor, foi realizado a caracterização através dos testes de tetrazólio (dano mecânico, deterioração por umidade, lesões por percevejos, vigor, viabilidade) e germinação (Tabela 3.1).

Tabela 3.1– Valores médios dos atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja para a caracterização dos lotes de alto e baixo vigor.

Cultivar	Tetrazólio (%)						G (%)		Classe Vigor	
	Dano Mecânico		Dano Umidade		Dano Percevejo		Vigor	Viabilidade		
	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-3)	(1-5)		
BRS 284	38	12	93	6	3	0	65	82	Baixo	82,0
BRS 284	20	1	60	0	6	0	95	99	Alto	99,0
BRS 388 RR	18	4	99	10	4	0	65	83	Baixo	85,0
BRS 388 RR	5	0	59	1	6	0	98	99	Alto	97,0

G: Germinação.

As sementes utilizadas no experimento foram tratadas anteriormente a semeadura com o fungicida Derosal Plus® (carbendazim + tiram) na dose 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Para tanto, as sementes foram dispostas em sacos plásticos de polietileno onde foi adicionado o fungicida e procedeu-se a agitação até que ocorresse a cobertura completa das sementes. A inoculação foi realizada no sulco de semeadura no momento da implantação da cultura, com as estirpes de *Bradyrhizobium* SEMIA 5079 + SEMIA 5080, na dose 500 ml ha⁻¹.

A área experimental foi conduzida no sistema plantio direto, sendo aveia preta a cultura antecessora. Previamente a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo para análise das características químicas e realização das correções necessárias do solo (Tabela 3.2), bem como foi realizada a dessecação da

aveia preta pré-implantação do ensaio com Roundup® transorb (glifosato) na dose 3 L ha⁻¹ + Spider® 840 WG (diclosulam) na dose 41,7 g ha⁻¹. A adubação de base utilizada foi 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 00-20-20 (N-P-K). O manejo de plantas daninhas, doenças e pragas foram igualmente realizados para todos os tratamentos seguindo as recomendações técnicas para a produção de sementes de soja de alta qualidade (EMBRAPA, 2016).

Tabela 3.2 – Atributos químicos do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm de profundidade, em Londrina- PR.

PROF.	P	C	pH	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	CTC	V
	<i>mg dm⁻³</i>	<i>g dm⁻³</i>	<i>CaCl₂</i>	----- <i>cmol_cdm⁻³</i> -----							<i>%</i>
0-20	17,62	14,58	4,74	0,06	4,29	3,75	1,43	0,45	5,63	9,91	56,77

A semeadura do experimento foi realizada de maneira mecanizada, com semeadora de parcelas da marca Fankhauser com kit wintersteiger, no dia 20 de novembro de 2017, respeitando o período recomendado no zoneamento edafoclimático para as cultivares (BRASIL, 2017). As parcelas possuíam dimensões de 6 m de comprimento e 2 m de largura, totalizando 12 m², utilizando espaçamento entre linhas de 0,5 m, tendo desta forma 4 linhas por parcela. Para obtenção da densidade de plantas almejada a semeadura foi realizada em uma população superior a desejada e posteriormente realizado o desbaste, de modo a garantir a expressão do efeito direto do vigor sem efeito indireto de alterações na população inicial de plantas.

A coleta de plantas para as avaliações foi realizada quando as plantas estavam em plena maturação, caracterizado por apresentarem 95 % das vagens com aspecto de coloração madura, segundo a escala de Fehr e Caviness (1977). Foram retiradas aleatoriamente 20 plantas por parcela, considerando apenas as duas linhas centrais. Em seguida efetuou-se a colheita mecanizada da área útil das parcelas com colhedora de parcelas do tipo Wintersteiger Elite®.

As plantas coletadas a campo foram transportadas para sala de processamento do laboratório de sementes da EMBRAPA soja onde foram realizadas as avaliações abaixo descritas.

Altura final de plantas: realizado a campo em pré-colheita selecionando seis plantas ao acaso. Tomou-se como base inferior a superfície do solo

e limite superior o racemo terminal da planta de soja. A avaliação foi realizada com auxílio de régua milimetrada, e os resultados expressos em cm.

Altura de inserção da primeira vagem: realizado a campo em pré-colheita selecionando seis plantas ao acaso. Considerou-se como base inferior a superfície do solo e limite superior a inserção da primeira vagem no caule da planta. A medição foi realizada com auxílio de régua milimetrada, e os resultados expressos em cm.

Vagens por planta: realizou-se em dez plantas a contagem sequencial da quantidade de vagens presentes na planta. Os resultados foram expressos em unidade.

Número de nós na haste principal: procedeu-se com contagem sequencial contabilizando os nós presentes na haste principal da planta. Foi realizado em dez plantas e os resultados expressos em unidade.

Vagens por nó: foi obtida através da razão entre o número de vagens total pelo número de nós total da planta. Os resultados foram expressos em unidade.

Sementes por vagem no terço basal, médio, superior e total: realizou-se a separação visual da planta em três partes iguais, sendo elas, basal, média e superior. Em seguida, aleatoriamente, foi verificado e contabilizado a presença e ausência do número de sementes em cinco vagens de cada terço. O número de sementes por vagem total foi obtido através da média das observações dos terços basal médio e superior. Os resultados foram expressos em unidade.

Sementes por planta: avaliação realizada em dez plantas onde, após debulha manual das vagens, foi contabilizado por contagem sequencial o número total de sementes. Os resultados foram expressos em unidade.

Massa de mil sementes: realizou-se a pesagem, em balança com precisão 0,01 g, oito subamostras de 100 sementes por repetição. Calculou-se a média, a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação, e posteriormente obteve-se a massa se 1000 sementes. Os resultados foram expressos em gramas (BRASIL, 2009).

Produtividade: após a colheita da área útil (6 m²) realizou-se a pesagem das sementes e em seguida foi mensurado a umidade com o auxílio de um determinador de capacitância digital, modelo GAC 2100, previamente calibrado para a cultura da soja. A produtividade foi obtida pelo ajuste da umidade para 13% e transformação dos resultados em kg ha⁻¹.

Os dados foram avaliados quanto a normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett). Foi efetuada a análise de variância e as médias dos níveis de vigor foram comparadas pelo teste F conclusivo a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi realizada em função da densidade de plantas. As análises foram processadas através do programa Sisvar[®] (FERREIRA, 2011).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na cultivar BRS 284, houve efeito isolado da densidade de plantas para altura de plantas; altura de inserção da primeira vagem; vagens por planta; nós na haste principal; vagens por nó; e sementes por planta. Houve efeito da interação entre vigor e densidade de plantas para número de sementes por vagem no terço superior. Já na cultivar BRS 388 RR, ocorreu efeito isolado da densidade para vagens por planta; nós na haste principal; vagens por nó; sementes por planta; e produtividade de sementes. Também foi constatado efeito isolado do vigor na altura de plantas e na produtividade de sementes (Tabela 3.3).

O acréscimo na densidade de plantas proporcionou aumento linear na altura de plantas e na altura de inserção da primeira vagem (Figura 3.2A e 3.2B) para a cultivar BRS 284, com valores máximos de 110 cm e 18 cm, respectivamente, com 400.000 plantas ha⁻¹. Cruz et al. (2016) também observaram crescimento linear dessas características a medida que se aumentou a densidade de semeadura (7, 10, 15, 19 e 22 sementes m⁻¹), obtendo altura de plantas de 91 cm e inserção da primeira vagem de 11 cm com 20 plantas m⁻¹ da cultivar ANTA 82. A altura das plantas relaciona-se com a altura da inserção da primeira vagem, de maneira que a elevação da quantidade de plantas na linha de semeadura resulta em maior altura de plantas e por conseguinte maior altura de inserção da primeira vagem (ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA NETO, 2017). Esse comportamento ocorre devido ao incremento na densidade de semeadura ocasionar aumento na competição intraespecífica pelos fatores ambientais de produção, principalmente por luz, levando ao estiolamento das plantas sob está condição (MAUAD et al., 2010).

É importante ressaltar que mesmo na menor densidade (160.000 plantas ha⁻¹) a cultivar BRS 284 apresentou adequada altura de inserção da primeira vagem (15,1 cm) para colheita mecanizada (Figura 3.2B). Segundo Ramteke, Singh e murlidharan (2012) a altura de inserção da primeira vagem deve ser de pelo menos

12 cm para que se tenha perda mínima de rendimento com a colheita mecânica.

Para a cultivar BRS 388 RR, o vigor influenciou significativamente a altura de plantas (Figura 3.3A), de maneira que plantas oriundas de sementes de alto vigor foram 2,8% mais altas que as oriundas de sementes de baixo vigor, com diferença média de 2,9 cm. Esse resultado está em consonância com o obtido por Scheeren et al. (2010) que verificaram que aos 21 dias após a semeadura a altura de plantas provenientes das sementes de alto vigor apresentaram altura 11,5% (2,5 cm) superior as de baixo vigor, diferença que se manteve até aos 75 dias após a semeadura. Segundo os autores, a maior altura das plantas provenientes de sementes de alta qualidade desde o início do crescimento e desenvolvimento é uma vantagem que contribui para maior produtividade dessas plantas em relação as originadas por sementes de baixo vigor. Panozzo et al., 2009 atribui esse resultado a maior velocidade de emergência das plântulas de sementes de alto vigor, uma vez que estas sementes germinam e emergem mais rápido que sementes de baixo vigor, permitindo a formação de plântulas com maior habilidade competitiva para capturar e utilizar água, luz e nutrientes.

Em ambas cultivares, à medida que aumentou a população de plantas de soja por área (160.000 a 400.000 plantas ha⁻¹), o número de vagens por planta (Figura 3.2C e 3.3B), o número de nós na haste principal (Figura 3.2D e 3.3C), o número de vagens por nó (Figura 3.2E e 3.3D) e o número de sementes por planta (Figura 3.2F e 3.3E) foram reduzidos de forma linear.

Tabela 3.3 – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) para as características agrônômicas, em plantas de duas cultivares de soja, em função do vigor de sementes e densidade de plantas.

Quadrados médios													
BRS 284													
FV	GL	AP	AIPV	VP	NHP	VN	SVB	SVM	SVS	SVT	SP	MMS	PROD
Vigor (V)	1	12,71 ^{ns}	1,36 ^{ns}	77,50 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6384,50 ^{ns}	39,74 ^{ns}	197603,55 ^{ns}
Densidade (D)	3	218,97 ^{**}	10,92 [*]	1122,02 ^{**}	11,13 ^{**}	1,71 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	7474,08 ^{**}	50,54 ^{ns}	274673,17 ^{ns}
V x D	3	0,75 ^{ns}	8,18 ^{ns}	7,90 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,05 ^{**}	0,00 ^{ns}	1395,25 ^{ns}	21,18 ^{ns}	95453,86 ^{ns}
Bloco	3	28,00 ^{ns}	7,43 ^{ns}	78,45 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1857,33 ^{ns}	46,41 ^{ns}	183453,29 ^{ns}
Resíduo	21	17,37	3,48	32,00	0,37	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	848,24	20,80	150853,74
Média [†]		104,80	16,42	56,64	15,44	3,62	2,48	2,64	2,73	2,62	145,87	150,01	4784,68
CV (%)		3,98	11,37	9,99	3,94	6,59	4,16	4,95	3,84	3,17	19,97	3,04	8,12
BRS 388 RR													
Vigor (V)	1	68,50 [*]	9,90 ^{ns}	17,40 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	30,03 ^{ns}	22,31 ^{ns}	1072164,12 ^{**}
Densidade (D)	3	37,37 ^{ns}	8,95 ^{ns}	1454,95 ^{**}	20,93 ^{**}	1,98 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	9923,86 ^{**}	28,93 ^{ns}	485846,88 ^{**}
V x D	3	0,41 ^{ns}	3,88 ^{ns}	15,43 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	878,86 ^{ns}	1,60 ^{ns}	105693,24 ^{ns}
Bloco	3	38,02 ^{ns}	2,96 ^{ns}	139,13 ^{ns}	4,17 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	133,8 ^{ns}	8,26 ^{ns}	71751,95 ^{ns}
Resíduo	21	13,96	4,94	63,35	0,52	0,12	0,01	0,00	0,02	0,00	782,22	16,67	90593,78
Média		100,80	21,47	51,12	14,74	3,41	2,40	2,57	2,81	2,60	131,71	159,55	4884,59
CV (%)		3,71	10,35	15,57	4,88	10,39	5,59	3,49	4,97	3,10	21,23	2,56	6,16

^{ns}, não significativo, ^{**} e ^{*}, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

AP: Altura de planta (cm); AIPV: Altura de inserção da primeira vagem (cm); VP: Vagens por planta (und); NHP: Nós na haste principal (und); VN: Vagens por nó (und); SVB: Sementes por vagem no terço basal (und); SVM: Sementes por vagem no terço médio (und); SVS: Sementes por vagem no terço superior (und); SVT: Sementes por vagem total; SP: Sementes por planta (und); MMS: Massa de mil sementes (g); e PROD: Produtividade de sementes (kg ha⁻¹).

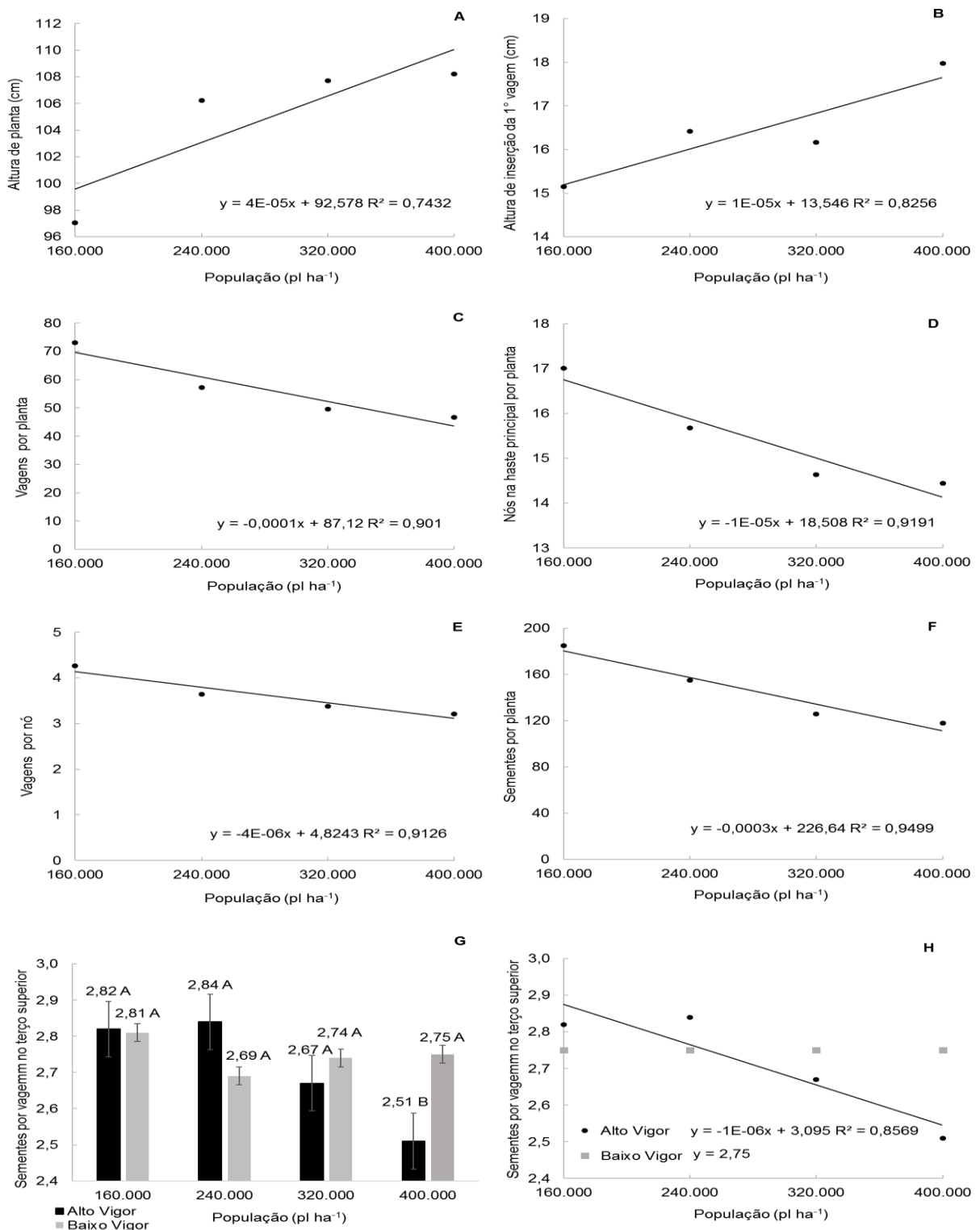


Figura 3.2 – Efeito isolado do fator densidade de plantas para as variáveis, altura de planta (A), altura de inserção da primeira vagem (B), vagens por planta (C), nós na haste principal por planta (D), vagens por nó (E) e sementes por planta (F), e interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para a variável sementes por vagem na haste superior (G e H) na cultivar BRS 284. Para a interação, letras maiúsculas diferentes, diferem os níveis de vigor, pelo teste F a 5% de probabilidade.

O número de vagens por planta foi 37% (BRS 284) e 44% (BRS 388 RR) menor na densidade de 400.000 plantas ha⁻¹ em relação a de 160.000 plantas ha⁻¹ (Figura 3.2C e 3.3B). Como o número de vagens por planta influencia o número de sementes por planta, o aumento na densidade reduz praticamente nas mesmas proporções o número de sementes por planta das cultivares, sendo essa redução de 38% na BRS 284 (Figura 3.2F) e de 46% na BRS 388RR (Figura 3.3E). Essa redução linear no número de vagens por planta em função do incremento da densidade de plantas também foi observada por Ludwig et al. (2011) ao estudar o comportamento de cultivar de soja convencional e Roundup Ready™ em três densidades de plantas (11, 18 e 24 plantas m⁻¹) obtendo uma diminuição de 47% no número de vagens por planta entre a maior e a menor densidade utilizada. De acordo com Mauad et al. (2010) essa resposta provavelmente ocorre devido a maior competição intraespecífica por luz e consequente menor disponibilidade de fotoassimilados, o que determina menor potencial para produção de ramos e nós, de onde se originam as gemas que produzirão as vagens. Assim, fatores que interferem na produção de ramos, como o incremento na densidade de semeadura, influenciam a quantidade de vagens produzidas por plantas.

O menor número de vagens por planta nas densidades mais elevadas (Figura 3.2C e 3.3B) pode ser explicado pela menor quantidade de nós produzidos na haste principal (Figura 3.2D e 3.3C) e consequente menor número de vagens por nó (Figura 3.2E e 3.3D) em ambas as cultivares. Resultado que vai ao encontro com o obtido por Menegaz et al. (2018) utilizando baixas densidades de semeadura para obtenção das populações de 35, 50, 65, 80, 95 e 110 mil plantas ha⁻¹ com a cultivar BMX Potência RR.

Quanto ao número de sementes por vagem no terço superior, verificou-se que quando se utilizou 400.000 plantas ha⁻¹ houve diferença entre a quantidade de sementes por vagem entre os níveis de vigor das sementes utilizadas na semeadura. Plantas provenientes de sementes de alto vigor produziram 8,7 % menos sementes por vagem que plantas oriundas de sementes de baixo vigor (Figura 3.2G). Além disso, observa-se redução linear do número de sementes por vagem produzida no terço superior à medida que se aumenta a densidade de semeadura em plantas provenientes de sementes de alto vigor (Figura 3.2H). Essa redução é de 12,9% entre a menor (160.000 plantas ha⁻¹) e a maior população (400.000 plantas ha⁻¹) em plantas oriundas de sementes de alto vigor, enquanto não houve diferença (2,7

sementes por vagem) quando as sementes utilizadas na semeadura foram de baixo vigor. Ludwig et al. (2011) verificaram que o número de sementes por vagem reduziu em 3,3%, passando de 2,06 para 1,99 sementes por vagem, com o aumento da densidade de plantas. Estes resultados indicam que o número de sementes por vagem é um componente influenciado pelo manejo da cultura, entretanto, vale ressaltar que apesar da diferença estatística a variação não foi superior a meia semente por vagem ficando evidente que a plasticidade da soja está muito mais relacionada a alterações no número de vagens e sementes por planta do que no número de sementes por vagem. Fato que está em contradição ao encontrado por Balbinot Junior et al. (2016), que estudando o desempenho produtivo da soja em duas densidades de plantas (110 e 450 mil plantas ha⁻¹) e três épocas de aplicação de 45 kg de N ha⁻¹ (semeadura, V4 e R5.2) não verificaram influência da densidade de plantas sobre a quantidade de sementes produzidas por vagem. Já Silva et al. (2013) avaliando o efeito da qualidade fisiológica de sementes no rendimento de grãos em plantas isoladas de soja observaram que a qualidade das sementes não interferiu no número de sementes por vagem.

Em relação à produtividade, verificou-se na cultivar BRS 388 RR acréscimo de 7,2% na produtividade de sementes quando utilizadas sementes de alto vigor, o que representa 366 kg a mais por hectare (Figura 3.3F). Resultado este que corrobora o obtido por Scheeren et al. (2010), avaliando o efeito do vigor das sementes em três densidades de semeadura na produtividade da soja, onde observaram que a produtividade proveniente das sementes de alto vigor (3.495 kg ha⁻¹) foi 9% maior que as de baixo vigor (3.184 kg ha⁻¹). Esses autores explicam que essa diferença no rendimento pode estar ligada a maior uniformidade do estande das plantas originadas de sementes de alto vigor quando comparado ao das de baixo vigor, onde se encontra maior ocorrência de plantas dominantes e dominadas. Em oposição, Rossi, Cavariani e França Neto (2017) avaliando o desempenho de plantas de soja em diferentes densidades populacionais (7, 12 e 17 plantas m⁻¹) em função do nível de vigor (alto, médio e baixo) das sementes, não obtiveram efeito do vigor na produtividade em nenhuma das cultivares avaliadas. Esses autores concluem que o vigor de sementes é um fator determinante na produtividade de soja pois, determina a velocidade de emergência e o estabelecimento de plântulas no campo, porém quando ajustado a população de plantas não há efeito do vigor na produtividade.

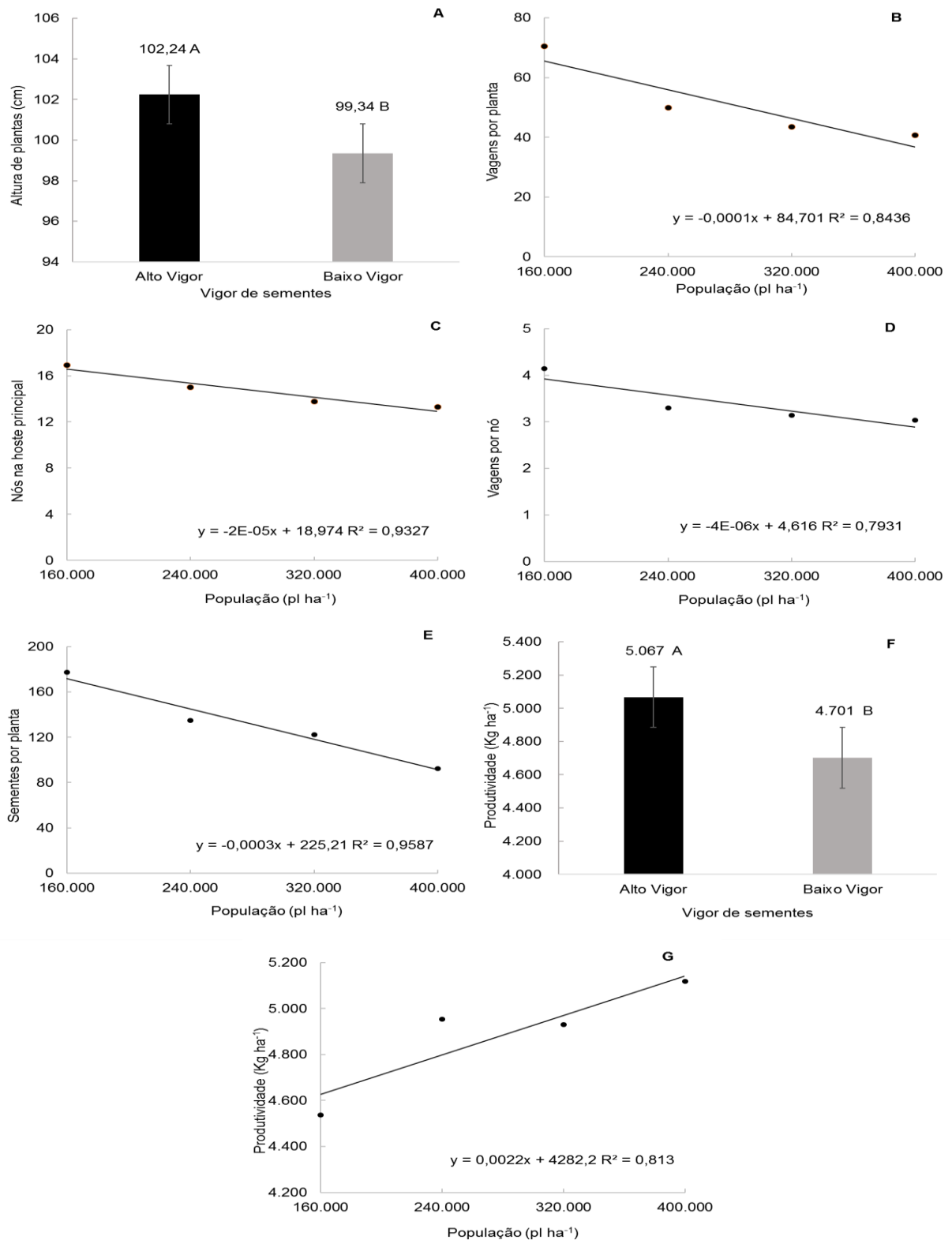


Figura 3.3 – Efeito isolado do fator vigor de sementes para as variáveis, altura de planta (A) e produtividade (F) e efeito isolado de densidade de plantas para vagens por planta (B), nós na haste principal (C), vagens por nó (D), sementes por planta (E) e produtividade de sementes (G) para a cultivar BRS 388 RR. Para efeito isolado de vigor, letras maiúsculas diferentes, diferem os níveis de vigor, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Constatou-se ainda que o incremento na densidade de plantas aumentou linearmente a produtividade de sementes da BRS 388 RR, sendo a máxima produtividade alcançada (5.162 kg ha^{-1}) com $400.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ (Figura 3.3G). Rossi, Cavariani e França neto (2017), verificaram efeito isolado da densidade com máxima produtividade de 3.865 kg ha^{-1} (BRS 232), 3.864 kg ha^{-1} (BRS 282) e 4.115 kg ha^{-1} (BRS 243 RR) quando utilizado $17 \text{ plantas m}^{-1}$. Cruz et al. (2016) trabalhando com o efeito de densidades e arranjos de plantas no desenvolvimento vegetativo e produtividade de grãos de soja, também observaram que o incremento na densidade eleva linearmente o rendimento, com máximo de 3.784 kg ha^{-1} em $22 \text{ plantas m}^{-1}$.

De acordo com estudo realizado por Menegaz et al. (2018) mesmo produzindo um maior número de vagens, sementes ou massa de sementes por planta, a redução na densidade de semeadura não compensa os rendimentos mais altos das densidades de semeadura próximas ao ótimo, quando se tem maior quantidade de vagens por área. Observação que concorda com Cox, Cherney e Shields (2010), que trabalhando com três densidades de semeaduras (358.000 ; 469.000 ; e $580.000 \text{ sementes ha}^{-1}$) e quatro taxas de desbaste (0, 10, 25 e 50%) com o objetivo de determinar se o rendimento de grãos pode ser mantido em taxas de semeadura mais baixas, concluíram que à medida que a densidade de semeadura aumenta, há uma redução na participação de cada planta na produção final. Ludwig et al. (2011) explica que a redução na quantidade de vagens por planta e aumento na quantidade de vagens por área provocados pelo incremento da população de plantas, podem explicar as produtividades mais elevadas com o aumento da densidade de plantas.

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram a capacidade das plantas de soja em compensarem condições impostas pelo ambiente ou manejo com alterações morfológicas e dos componentes de produção. As variações nesses fatores podem determinar maior ou menor grau de competição intra e interespecífica entre as plantas devido a quantidade de água, luz e nutrientes disponíveis para cada indivíduo dentro da população e essa resposta pode ser mais ou menos expressiva dependendo do genótipo utilizado. Em condições edafoclimáticas adequadas à produção de soja (Figura 3.1 e Tabela 3.2) da cultivar transgênica BRS 388 RR demonstra maior responsividade que a cultivar convencional BRS 284, visto que a primeira apresentou efeito isolado dos fatores vigor de sementes e densidade no desempenho produtivo de sementes. Por outro lado, a BRS 284 mostrou maior

plasticidade, característica importante em condições ambientais limitantes para melhor adaptação e manutenção do rendimento de sementes (Anexo 1).

Embora pesquisas tenham verificado efeito isolado do vigor de sementes (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005; SCHUCH; KOLCHINSKI; FINATTO, 2009; SCHEEREN et al., 2010; SILVA et al., 2013) e da densidade de plantas (LUDWIG et al., 2011; CRUZ et al., 2016; ROSSI; CAVARIANI; FRANÇA NETO, 2017) e sua influência sobre aspectos morfológicos das plantas e dos componentes de produção da soja, em geral, não se verifica efeito associado do vigor de sementes e da densidade de plantas as variáveis estudadas sob condições de fertilidade de solo e clima consideradas favoráveis, como neste trabalho (Tabela 3.3).

3.6 CONCLUSÕES

Não há efeito da interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para as características agronômicas estudadas em ambas as cultivares.

O acréscimo na densidade de plantas aumenta a altura de plantas e reduz o número de sementes e vagens por planta, sem alterar a produtividade da cultivar BRS 284.

O vigor de sementes não influencia a altura nem o desempenho produtivo da cultivar BRS 284.

Para a cultivar BRS 388 RR, o uso de sementes mais vigorosas e maiores densidades refletem em maior rendimento de sementes.

3.7 REFERÊNCIAS

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. D. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Curitiba: Embrapa Florestas; Londrina: Iapar, 2008. 74p.

BOARD, J. E.; KAHN, C. S. Morphological responses to low plant population differ between soybean genotypes. **Crop Science**, v. 53, n. 3, p. 1109-1119, 2013.

BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. **Crop Science**, v. 40, n. 5, p. 1285-1294, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009, 398p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**, cultura soja. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/siszar/gerarRelatorioRelacaoCultivares.action?sgJAASAplicacaoPrincipal=siszar>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

CARNEIRO, G. E. S.; PÍPOLO, A. E.; MELO, C. L. P.; LIMA, D.; MIRANDA, L. C.; PETEK, M. R.; GOMIDE, F. B.; DALBOSCO, M.; DENGLER, R. U. **Cultivares de soja - Macrorregiões 1, 2, 3**. Centro sul do Brasil. Embrapa Soja, Londrina, PR, 2012.

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

COPETTI, E. Plantadoras: Distribuição de sementes. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 18, p. 14-17, 2003.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 4, p. 1238-1243, 2010.

CRUZ, S. C. S.; SENA-JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

EMBRAPA. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina, 2015, 36p (Documentos, 364).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: EmbrapaSoja, 2016. 82p. (Documentos, 380).

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1977. 11p. (Special Report, n. 80).

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistic analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

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

HEIFFIG, L. S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycinemax* (L) Merrill) em **diferentes arranjos espaciais**. Dissertação (Mestrado) Esalq. Piracicaba, 2002.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso: 30 jul. 2018.

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

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; DE SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agrônômicas na cultura da soja. **BioscienceJournal**, v. 20, n. 3, 2004.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e RoundupReady. **Ceres**, v. 58, n. 3, 2011.

MARCHIORI, L. F. S.; CÂMARA, G. M. S.; PEREIRA, C. P.; MARTINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja *Glycinemax* (L.) Merrill em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999.

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

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

MENEGAZ, W.; SUÁREZ CASTELLANOS, C. I.; MENEGHELLO, G. E.; BOHN, A., DE OLIVEIRA, A. L.; BRAGA, S. L. O. Multiplication of soybean seeds at low seeding rates. **Agrociencia**, v. 22, n. 1, p. 45-52, 2018.

PANOZZO, L. E.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; MIELEZRSKI, F.; PESKE, F. B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, v. 16, n. 1, 2009.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. Piracicaba: **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.

RAMTEKE R; SINGH D.H; MURLIDHARAN P. Selecting soybean (*Glycine max* L. Merrill) genotypes for insertion height of the lowest pod, the useful trait for combine harvester. **Indian J. Agric.** v. 82, p. 511-515, 2012.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 144-149, 2009.

SILVA, C. S.; SCHUCH, L. O. B.; OLIVO, M.; SEUS, R. Desempenho de plantas isoladas de soja, biometria e qualidade fisiológica das sementes. **Revista da FZVA**, v. 19, n. 1, 2013.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

4 Artigo B: VIGOR DE SEMENTES E DENSIDADE DE PLANTAS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DAS SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS

4.1 RESUMO

Inúmeros trabalhos demonstram o efeito do vigor de sementes e da densidade populacional no crescimento da planta e na produtividade de grãos, porém pouco se sabe do efeito destes fatores na qualidade das sementes produzidas. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do vigor de sementes utilizadas na semeadura associado a diferentes densidades de plantas, em dois locais de cultivo com características edafoclimáticas distintas, sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes produzidas. O experimento foi conduzido em Londrina-PR e Ponta Grossa-PR, com a cultivar BRS 284 (convencional), sob delineamento experimental de blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 2, totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições. Foram avaliadas quatro densidades de plantas (160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹) e dois níveis de vigor de sementes (alto e baixo). Avaliou-se a germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de emergência, emergência de plântulas em areia, comprimento e massa seca da parte aérea, de raiz e total de plântulas, além do teste de tetrazólio. Os dados foram submetidos a análise de variância, as médias para níveis de vigor foram comparadas pelo teste F e para densidade de plantas a estudo de regressão, a 5% de probabilidade. Não há influência da densidade de plantas e do vigor das sementes utilizadas para implantação da cultura na qualidade sanitária das sementes produzidas, tanto em Londrina como em Ponta Grossa. Em Ponta Grossa a utilização de sementes de baixo vigor associada a menores densidades reduz a qualidade fisiológica das sementes, ao passo que, em Londrina esses fatores não afetaram o potencial fisiológico das sementes produzidas. A influência da densidade de plantas e do vigor de sementes na qualidade das sementes produzidas depende do ambiente de cultivo.

Palavras chave: *Glycine max*(L.) Merrill, potencial fisiológico, sanidade, arranjo de plantas

SEED VIGOR AND PLANT DENSITY IN THE PHYSIOLOGICAL AND SANITARY QUALITY OF THE SOYBEAN SEED PRODUCED

4.2 ABSTRACT

Numerous studies have demonstrated the effect of seed vigor and population density on plant growth and grain yield, but little is known about the effect of these factors on the quality of the seeds produced. Thus, the objective was to evaluate the effect of seeds vigor used for sowing associated with different plant densities, in two cultivation sites with distinct edaphoclimatic characteristics, on the physiological and sanitary quality of the seeds produced. The experiment was conducted in Londrina-PR and Ponta Grossa-PR, with cultivar BRS 284 (conventional), under a randomized complete block design in the 4 x 2 factorial scheme, totaling 8 treatments, with 4 replications. Four plant densities 160, 240, 320 and 400 thousand plants ha⁻¹) and two levels of seed vigor (high and low). It was evaluated germination, first germination count, emergence velocity index, emergence of seedlings in sand, shoot length and dry mass, root and total seedlings and the tetrazolium test. Data were subjected to analysis of variance, the means for vigor levels were compared by the F test at 5% probability. Regression analysis was performed as a function of plant density. There isn't influence of plant density and seeds vigor used to implant the crop in the sanitary quality of the seeds produced, both in Londrina such as Ponta Grossa. In Ponta Grossa, the use of low vigor seeds associated with lower densities reduces the physiological quality of the seeds, whereas in Londrina these factors did not affect the physiological potential of the seeds produced. The influence of plant density and seed vigor on seed quality depends on the growing environment.

Key words: *Glycine max*(L.) Merrill, physiological potential, sanity, plant arrangement.

4.3 INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura de destaque no cenário mundial e nacional em área e produção, com reconhecida relevância para a economia e em expressiva expansão no Brasil. Ano após ano tem-se observado crescimento das áreas brasileiras de cultivo, havendo ainda grandes extensões a serem exploradas nas regiões norte e nordeste do país (BRASIL, 2017). Para suprir a necessidade de sementes nas áreas tradicionais de cultivo e as novas fronteiras agrícolas, é imprescindível o crescimento e desenvolvimento do setor de produção de sementes de soja (ABRASEM, 2016).

Com o aumento da demanda, tem-se observado a descentralização das áreas de produção de sementes e a expansão destas para locais não tradicionais nessa atividade, principalmente devido a sua aptidão climática, fato que pode comprometer a produtividade e a qualidade das sementes produzidas (ABRASEM, 2013; ABRASEM, 2016). Essa realidade é comprovada por levantamentos realizados visando constatar a qualidade das sementes de soja produzidas no Brasil, que apontaram problemas com patógenos na safra 14/15 e pureza genética na safra 15/16, evidenciando a necessidade de maiores cuidados na produção de sementes, tanto na condução das lavouras quanto na escolha dos ambientes de cultivo (EMBRAPA, 2017).

A semente é classificada através da associação entre os atributos, genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. Para que seja considerada de qualidade a semente necessita assumir características fisiológicas e sanitárias como alta taxa de vigor, germinação e sanidade, como também possuir pureza física e varietal (FRANÇA NETO; KRYZANOWSKI; HENNING, 2010).

No tocante a qualidade de sementes o vigor esta entre as principais características a ser considerada, isso porque propicia emergência rápida e uniforme das plântulas, características que favorecem principalmente o crescimento e desenvolvimento inicial das plantas no campo. Isso possibilita que estas respondam de maneira positiva a condições estressantes que o sistema de produção possa impor durante o estabelecimento do estande, crescimento e desenvolvimento da cultura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Segundo Vanzolini e Carvalho (2002), a grande diferença entre sementes de alto e baixo vigor está no desenvolvimento inicial da cultura, evidenciada por menor velocidade de emergência e população final de plantas, bem como menor

altura de plantas, porém essas diferenças não afetam a produtividade de grãos. Por outro lado, Panozzo et al. (2009) relataram que sementes de baixo vigor, em comparação às de alto vigor, possuem influência direta no comportamento individual de plantas de soja, o que pode levar a redução da estatura, e modificar o número de vagens e sementes por planta, comprometendo o potencial produtivo da cultura da soja em até 17 %. A divergência observada entre os autores pode estar associada aos fatores genéticos e climáticos que propiciam maior ou menor capacidade de expressão da plasticidade da soja ao longo do ciclo da cultura, ocultando ou evidenciando o efeito do vigor no rendimento de grãos.

Além do potencial fisiológico, outro fator que pode prejudicar o estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja esta relacionado a presença de patógenos nas sementes, estrutura esta que é a principal via de disseminação das doenças de plantas (HENNING, 2005). Rampim et al. (2016) estudando a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja atribuiu a redução de vigor das sementes a presença dos fungos *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp.

Não só a qualidade de sementes é ponto decisivo para o sucesso da lavoura. Dentre os fatores determinantes da produção, o emprego do estande ideal de plantas é de grande relevância porque irá afetar a competição intraespecífica das plantas pelos recursos do meio ambiente (MARTINS et al., 1999). Alterações na densidade de plantas levam a modificações morfológicas as quais acarretam em transformações na arquitetura das plantas (KOMORI et al. 2004), ocasionam mudanças na relação e distribuição de fotoassimilados (BALBINOT JUNIOR et al., 2015), afetando conseqüentemente a produtividade da cultura e a qualidade de grãos ou sementes (CRUZ et al., 2016; BALBINOT JUNIOR et al., 2016).

Outro ponto a ser destacado é de que a densidade de plantas também pode afetar a efetividade do controle de fitopatógenos. Em maiores densidades pode ocorrer maior proliferação dos patógenos devido ao microclima estabelecido e também a dificuldade de se atingir os patógenos nas aplicações de defensivos químicos, o que leva a uma maior contaminação de grãos e sementes. Knebel et al. (2006), estudando a influência da população de plantas no controle de fitopatógenos, concluiu que em menores populações de plantas ocorre menor severidade das doenças.

Apesar dos evidentes avanços tecnológicos para a cultura da soja,

observa-se que as pesquisas relacionadas a densidade de plantas comumente avaliam o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento de grãos (MAUAD et al. 2010; SOUZA et al. 2010; BALBINOT JUNIOR et al., 2016), sendo escassos os estudos com vistas a produtividade e principalmente a qualidade das sementes. Portanto, em áreas de produção sementes geralmente são utilizadas as mesmas densidades de plantas utilizadas em áreas de produção de grãos. Vazquez, Carvalho e Borba (2008), não observaram influência da densidade sobre a qualidade de sementes, atribuindo a não significância a alta capacidade compensatória da cultura da soja, porém esta capacidade é dependente da ocorrência favorável de outros fatores de produção.

Estudos com vigor das sementes geralmente evidenciam apenas o efeito do mesmo sobre o estabelecimento do estande (WENDT et al., 2017; KOLCHINSKI, SCHUCH e PESKE, 2005; HOFSTETTER et al., 2004; SCHUCH et al., 2000), o crescimento inicial das plantas e o rendimento de grãos (PANOZZO et al., 2009). Ainda, na maioria desses estudos o estande de plantas não é corrigido, ocultando o real efeito do vigor. Portanto, há demanda de estudos avaliando o efeito do vigor sobre a produtividade e qualidade das sementes produzidas, bem como o efeito deste associado a outros fatores de produção, como a densidade de plantas e as condições climáticas.

Rossi, Cavariani e França neto. (2017) estudando o efeito da interação entre vigor e densidade de plantas sobre o desempenho agrônomo e a qualidade de sementes concluíram que não há influência das variáveis estudadas na qualidade fisiológica da semente produzida. Entretanto, o efeito dessas interações é dependente do ambiente de cultivo, da morfologia e fisiologia do genótipo e da densidade de plantas estabelecida. Sob baixas densidades é maior a necessidade de expressão da capacidade de compensação da planta (HEIFFING et al., 2010), o que pode ser um limitante em ambientes menos favoráveis quando utilizadas sementes menos vigorosas. Essa interação entre os fatores, podem alterar as relações fonte e dreno da planta e, conseqüentemente a formação, a composição química (HENNING et al., 2010) e o potencial fisiológico e sanitário das sementes produzidas.

Deste modo, o objetivo foi avaliar o efeito do vigor de sementes utilizadas na semeadura associado a diferentes densidades de plantas, em dois locais de cultivo com características edafoclimáticas distintas, sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes produzidas.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos a campo foram conduzidos em dois locais, sendo um na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), em Londrina- PR, localizada em latitude de 23° 11' Sul, longitude 51° 10' Oeste e altitude de aproximadamente 557 m e, outro na área experimental da Embrapa Produtos e Mercado, localizado em Ponta Grossa-PR, cuja latitude é de 25° 09' Sul, longitude 50° 05' e altitude em torno de 840 m.

O clima segundo o sistema de classificação de Köppen, em Londrina é Cfa (clima subtropical úmido) em que a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente é acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Por outro lado, em Ponta Grossa o clima é denominado como Cfb (clima temperado propriamente dito), apresentando temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida (IAPAR, 2018). Os dados meteorológicos referentes ao período de condução dos experimentos foram obtidos nas estações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Figura 4.1).

Quanto ao solo, na região de Londrina é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa, já em Ponta Grossa é classificado como Latossolo Vermelho distrófico com textura média (BHERING; SANTOS, 2008).

O delineamento a campo foi em blocos completos casualizados no esquema fatorial 4 x 2, totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições. Os fatores foram: quatro densidades de plantas (160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹, em espaçamento de 0,5 metros) e dois níveis de vigor de sementes (alto e baixo).

A cultivar de soja avaliada foi a BRS 284 (convencional), que possui grupo de maturação 6.3, densidade recomendada de 270.000 plantas ha⁻¹, de crescimento indeterminado com ciclo precoce variando de 120 a 126 dias para altitudes de até 700 metros e 128 a 132 dias para altitudes acima de 700 metros (CARNEIRO et al., 2012).

As sementes utilizadas para a instalação do experimento foram provenientes de Ponta Grossa safra 2016/2017. Para a seleção dos lotes de sementes, tanto para as de alto vigor como de baixo vigor, foi realizado a

caracterização através dos testes de tetrazólio (dano mecânico, deterioração por umidade, leões por percevejos, vigor e viabilidade) e germinação (Tabela 4.1).

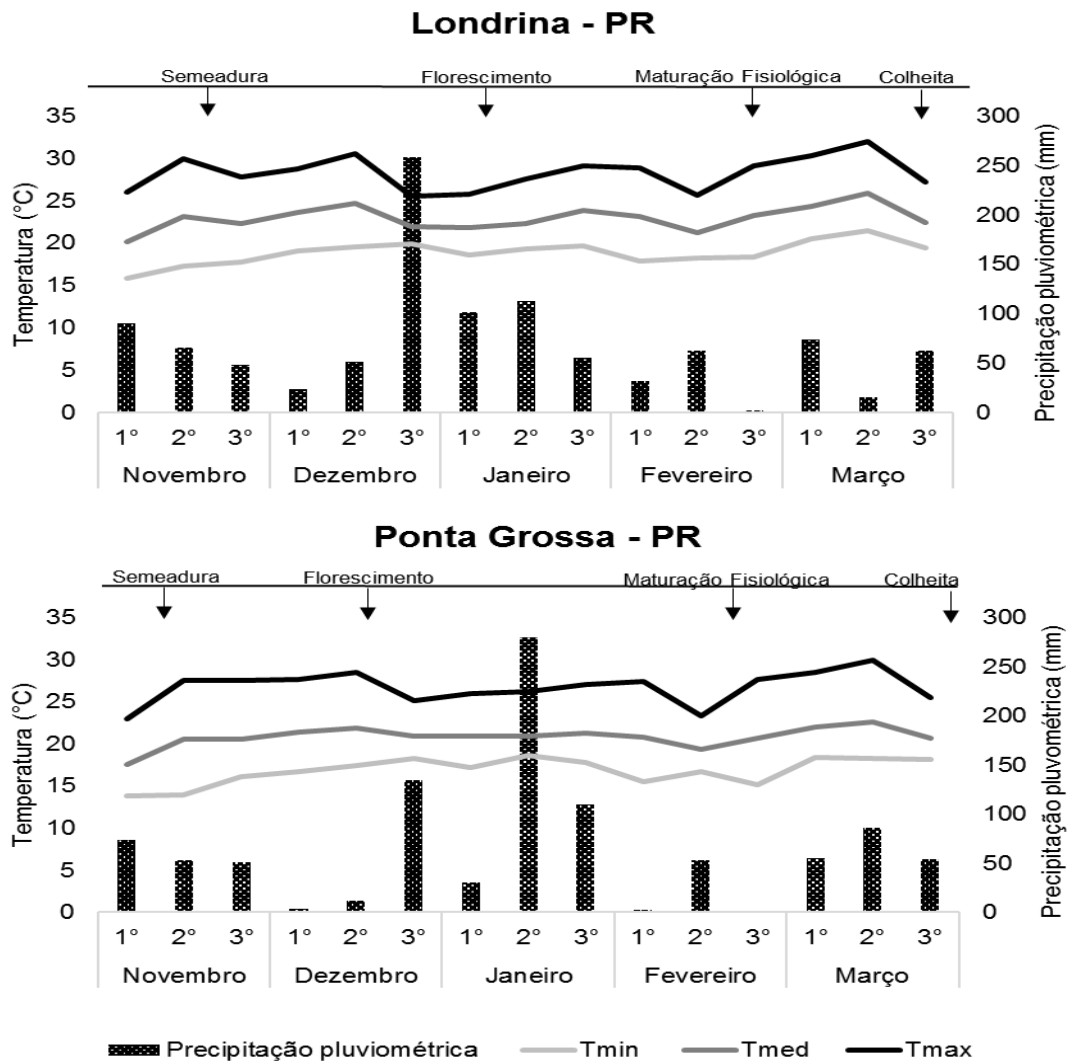


Figura 4.1. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima (Tmin), média (Tmed) e máxima (Tmax), por decêndio, no período de 01/11 a 31/03 em Londrina e Ponta Grossa-PR, registrados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - PR.

Tabela 4.1– Valores médios dos atributos da qualidade fisiológica de sementes de soja para a caracterização dos lotes de alto e baixo vigor utilizados na instalação dos experimentos.

Cultivar	Tetrazólio (%)						G (%)		Classe Vigor	82,0	99,0
	Dano Mecânico		Dano Umidade		Dano Percevejo		Vigor	Viabilidade			
	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-3)	(1-5)			
BRS 284	38	12	93	6	3	0	65	82	Baixo	82,0	
BRS 284	20	1	60	0	6	0	95	99	Alto	99,0	

G: Germinação

As sementes utilizadas no experimento foram tratadas anteriormente a semeadura com o fungicida Derosal Plus® (carbendazim + tiram) na dose 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Para tanto, as sementes foram dispostas em sacos plásticos de polietileno onde foi adicionado o fungicida e procedeu-se a agitação até que ocorresse a cobertura completa das sementes. A inoculação foi realizada no sulco de semeadura no momento da implantação da cultura, com as estirpes de *Bradyrhizobium* SEMIA 5079 + SEMIA 5080, na dose 500 ml ha⁻¹.

A instalação da área experimental foi conduzida no sistema plantio direto, sendo aveia preta a cultura antecessora, que foi dessecada previamente a implantação do ensaio com Roundup® transorb (glifosato) na dose 3 L ha⁻¹ + Spider® 840 WG (diclosulam) na dose 41,7 g ha⁻¹. A adubação de base utilizada foi de 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 00-20-20 (N-P-K). O manejo de plantas daninhas, doenças e pragas foram igualmente realizados para todos os tratamentos seguindo as recomendações técnicas para a produção de sementes de soja de alta qualidade (EMBRAPA, 2016).

A semeadura dos experimentos foi realizada de maneira mecanizada, com semeadora de parcelas da marca Fankhauser com kit wintersteiger, no dia 20/11/2017 em Londrina e no dia 07/11/2017 em Ponta Grossa, respeitando o período recomendado no zoneamento edafoclimático para a cultivar (BRASIL, 2017b). As parcelas possuíam dimensões de 6 m de comprimento e 2 m de largura, totalizando 12 m², utilizando espaçamento entre linhas de 0,5 m, tendo desta forma 4 linhas por parcela. Para obtenção da densidade de plantas almejadas a semeadura foi realizada em uma população superior a desejada e posteriormente realizado o desbaste, de modo a garantir a expressão do efeito direto do vigor sem efeito indireto de alterações na população inicial de plantas.

As sementes utilizadas para a determinação da qualidade fisiológica e sanitária, foram obtidas através da coleta aleatória de 20 plantas por parcela. Procedeu-se a debulha manual das vagens e as sementes foram passadas em peneira oblonga (4,5 x 22 mm) visando a retirada de impurezas e sementes mal formadas. Após, obteve-se uma amostra composta mediante junção das repetições de campo para realização das avaliações sanitárias e fisiológicas das sementes.

A qualidade das sementes de soja produzidas foi avaliada mediante as seguintes determinações: germinação, 1ª contagem de germinação, tetrazólio, comprimento e massa seca de parte aérea, raiz e total de plântula, emergência de

plântulas em areia, índice de velocidade de emergência e análise sanitária, realizadas conforme metodologias descritas a seguir:

O teste de germinação foi realizado com oito repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em rolos de papel toalha, umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Após a montagem, os rolos foram levados a germinador do tipo câmara de crescimento sob temperatura de 25 °C. As avaliações foram realizadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), computando-se a porcentagem das plântulas normais.

A primeira contagem de germinação foi realizada conjuntamente ao teste de germinação. A avaliação foi realizada cinco dias após a instalação do teste, contabilizando somente as plântulas normais, com resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

O teste de tetrazólio foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram pré-umidecidas entre papel por 16 horas a 25 °C. Após, as sementes permaneceram em solução de tetrazólio (0,075%) durante 3 horas a 40 °C e, então, procedeu-se a avaliação (BRASIL 2009).

Para o comprimento de parte aérea, raiz e total de plântula, foram utilizadas seis repetições de 20 sementes por tratamento, distribuídas em rolos de papel-toalha umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, e foram mantidos em um germinador a 25 °C durante cinco dias (NAKAGAWA, 1999). Sobre o papel-toalha umedecido foi traçada uma linha no terço superior, onde, as sementes foram colocadas direcionando-se a micrópila para baixo. Após cinco dias, foi determinado com auxílio de uma régua milimetrada o comprimento da parte aérea, da raiz primária e total das plântulas consideradas normais, com resultados expressos em mm por plântula.

Para a massa seca de parte aérea, raiz e total de plântula, foram utilizadas as plântulas normais provenientes do teste de comprimento de plântula, parte aérea e raiz. Cada repetição foi acondicionada em sacos de papel e levadas à estufa, com circulação de ar forçado, mantida à temperatura de 80 °C, pelo período de 24 horas (NAKAGAWA, 1999). Transcorrido o tempo previsto as amostras foram transferidas para dessecadores, e cada repetição foi pesada em balança precisão de 0,0001 g, com resultados expressos em mg por plântula.

Quanto a emergência de plântulas em areia, foi realizada com quatro

repetições de 100 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em uma camada de areia uniforme com auxílio de um contador manual, a uma profundidade de 3 cm. O teste foi conduzido em bandejas plásticas sob condições de casa de vegetação e a umidade foi mantida por irrigações, de acordo com a necessidade das plântulas. A avaliação final do número de plântulas normais emergidas foi realizada ao décimo segundo dia, com resultados expressos em porcentagem.

O índice de velocidade de emergência foi realizado em conjunto ao teste de emergência de plântulas em areia. As avaliações foram realizadas diariamente, a partir do início da emergência, registrando-se o número de plântulas emergidas até o décimo segundo dia após a semeadura. Para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) utilizou-se a equação sugerida por Popinigis (1977): $IVE = N_1/D_1 + N_2/D_2 + N_n/D_n$, onde N_1 = número de plântulas emergidas no primeiro dia; N_n = número acumulado de plântulas emergidas; D_1 = primeiro dia de contagem; D_n = número de dias contados após a semeadura.

Para o teste de sanidade foi empregado o método de papel de filtro (blotter test), conforme descrito por Neergard (1979). Foram utilizadas 2 repetições de 100 sementes por tratamento, divididas em 10 caixas plásticas transparentes do tipo "gerbox", com 20 sementes cada. Para realizar a assepsia dos "gerbox", foi utilizada solução a 1,05% de hipoclorito de sódio (20% de água sanitária). As sementes foram distribuídas uniformemente sobre quatro folhas de papel de filtro, previamente umedecidas com água autoclavada. As sementes permaneceram em incubação por um período de sete dias, em câmara com temperatura controlada de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, sob luz fluorescente branca. Após esse período, com base na morfologia dos conídios e na arquitetura conídio/conidióforo, com auxílio de microscópio estereoscópico e óptico, quando necessário, foram identificados os fungos e a sua incidência expressa em porcentagem.

Os dados foram avaliados, separadamente para cada ambiente de cultivo, quanto a normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett). Foi efetuada a análise de variância a 5% de probabilidade, as médias dos níveis de vigor foram comparadas pelo teste F conclusivo e para densidade de plantas foi realizado estudo de regressão até segundo grau. Para os dados de patologia foi realizada a conversão para $\sqrt{(x+0,5)}$. As análises foram processadas através do programa Sisvar® (FERREIRA, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas sementes produzidas em Londrina, houve efeito isolado do fator densidade de plantas para as variáveis índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea e massa seca de raiz de plântulas. Houve efeito de interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para o comprimento de parte aérea; comprimento de raiz e massa seca de raiz. Já para Ponta Grossa, houve efeito isolado de vigor para a primeira contagem da germinação, germinação, emergência de plântulas em areia, comprimento de plântula e comprimento da parte aérea. Houve efeito isolado de densidade de plantas para emergência de plântulas em areia e massa seca da parte aérea. Efeito de interação foi constatado para a primeira contagem da germinação, germinação, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas em areia (Tabelas 4.2 e 4.3). Não foi observado efeito significativo dos fatores avaliados, isolados e interação, em nenhum dos locais de cultivo, para as características vigor e viabilidade avaliadas no teste de tetrazólio (Tabela 4.4).

Tabela 4.2 – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) para primeira contagem de germinação (PCG); germinação (G); índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência de plântulas em areia (EPA) de sementes da cultivar de soja BRS 284, em função do vigor de sementes e da densidade de plantas.

Quadrados médios					
Londrina-PR					
FV	GL	PCG	G	IVE	EPA
Vigor (V)	1	6,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	4,50 ^{ns}
Densidade (D)	3	21,41 ^{ns}	4,75 ^{ns}	1,75 ^{**}	16,25 ^{ns}
V x D	3	14,20 ^{ns}	6,25 ^{ns}	0,45 ^{ns}	3,25 ^{ns}
Resíduo	24	8,02	2,94	0,28	3,62
Média		90,00	95,00	23,64	97,00
CV (%)		3,13	1,81	2,26	1,97
Ponta Grossa-PR					
Vigor (V)	1	101,53 [*]	60,50 [*]	1,20 ^{ns}	18,00 ^{**}
Densidade (D)	3	11,11 ^{ns}	11,00 ^{ns}	0,79 ^{ns}	10,37 ^{**}
V x D	3	76,78 [*]	47,50 [*]	2,55 [*]	38,41 ^{**}
Resíduo	24	17,30	12,25	0,65	1,85
Média		82,72	86,75	22,63	95,68
CV (%)		5,03	4,03	3,58	1,42

^{ns}, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4.3 – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) para: comprimento de plântula (CP), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca de plântula (MSP), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de sementes da cultivar de soja BRS 284, em função do vigor de sementes e da densidade de plantas.

Quadrados médios							
Londrina-PR							
FV	GL	CP	CPA	CR	MSP	MSPA	MSR
Vigor (V)	1	398,70 ^{ns}	131,17 ^{ns}	72,52 ^{ns}	9,27 ^{ns}	6,17 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Densidade (D)	3	416,34 ^{ns}	217,56*	140,04 ^{ns}	4,69 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,51**
V x D	3	1024,24 ^{ns}	102,12*	503,04**	1,98 ^{ns}	1,36 ^{ns}	2,90**
Resíduo	40	134,12	34,47	79,37	2,36	1,55	0,36
Média		5,18	9,46	5,51	5,53	6,39	7,25
CV (%)		223,78	62,09	161,69	27,78	19,55	8,23
Ponta Grossa-PR							
Vigor (V)	1	678,45*	353,76*	75,35 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Densidade (D)	3	229,37 ^{ns}	121,46 ^{ns}	84,92 ^{ns}	4,56 ^{ns}	4,75*	0,07 ^{ns}
V x D	3	384,94 ^{ns}	120,08 ^{ns}	111,59 ^{ns}	2,74 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Resíduo	40	151,65	44,26	59,76	3,02	1,64	0,36
Média		255,96	74,03	182,13	26,12	18,27	7,84
CV (%)		4,81	8,99	4,24	6,66	7,01	7,67

^{ns}, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4.4 – Resumo do quadro de análise de variância (quadrados médios) do teste de tetrazólio (vigor e viabilidade) de sementes da cultivar de soja BRS 284, em função do vigor de sementes e da densidade de plantas.

Quadrado médio			
Londrina-PR			
FV	GL	Vigor	Viabilidade
Vigor (V)	1	6,25 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Densidade (D)	3	0,16 ^{ns}	1,41 ^{ns}
V x D	3	3,41 ^{ns}	2,50 ^{ns}
Erro	8	7,37	2,00
CV (%)		92,00	97,37
Média		2,95	1,45
Ponta Grossa-PR			
Vigor (V)	1	10,56 ^{ns}	1,00 ^{ns}
Densidade (D)	3	9,39 ^{ns}	3,66 ^{ns}
V x D	3	1,89 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Erro	8	2,56	2,00
Média		95,06	97,75
CV (%)		1,68	1,45

^{ns}, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Para o teste de sanidade não houve efeito dos fatores estudados, entretanto, nas sementes produzidas em Londrina-PR foi possível identificar a presença do fungo do gênero *Cercospora kikuchii*, com incidência média de 0,7%. Segundo Goulart (1997) este fungo não causa efeitos negativos para a qualidade das sementes infectadas. Já em Ponta Grossa-PR, contatou-se a presença do fungo do gênero *Phomopsis* spp. com incidência média de 2,5%. De acordo com Henning et al. (2005) e Goulart (1997) este fungo é considerado o principal responsável por ocasionar baixa germinação no teste padrão de germinação.

Em Londrina, para as sementes de alto vigor, ocorreu aumento linear do comprimento de parte aérea das plântulas em função do acréscimo na densidade de plantas com valor máximo de 69,10 cm em 400.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.2A). Além disso, observa-se que quando utilizado a densidade de 160.000 plantas ha⁻¹ as plantas provenientes de sementes de alto vigor produziram sementes com comprimento de parte aérea 12,67% menores quando comparado as de baixo vigor, (Figura 4.2B).

Já para o comprimento de raiz, nas sementes de alto vigor, conforme se elevou a densidade de plantas houve aumento linear no tamanho das raízes das plântulas produzidas, com valor máximo de 165,9 cm em 400.000 plantas ha⁻¹, enquanto que as plântulas provenientes de plantas obtidas a partir de sementes de baixo vigor apresentaram comportamento inverso decrescendo o comprimento da raiz conforme se elevou a densidade de plantas atingindo 152,5 cm em 400.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.3C). Além do mais, em 160.000 plantas ha⁻¹ as sementes provenientes de plantas obtidas a partir de sementes de alto vigor apresentaram raízes 10,6 % menores quando comparado às obtidas de sementes de baixo vigor, e na população de 400.000 plantas ha⁻¹ foi observado comportamento inverso onde as sementes obtidas de plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentaram raízes 8,1% maiores que as obtidas de sementes de baixo vigor (Figura 4.3D). Entretanto, quando se observa o comprimento total de plântula não foi obtido diferença significativa entre o nível do vigor das sementes utilizadas e a densidade de plantas estabelecida (Tabela 4.3), sendo assim estes resultados devem ser vistos com cautela e, associados aos resultados dos demais testes de vigor avaliados, pois embora haja diferenças estatísticas, as variações em mm apresentam pouca amplitude.

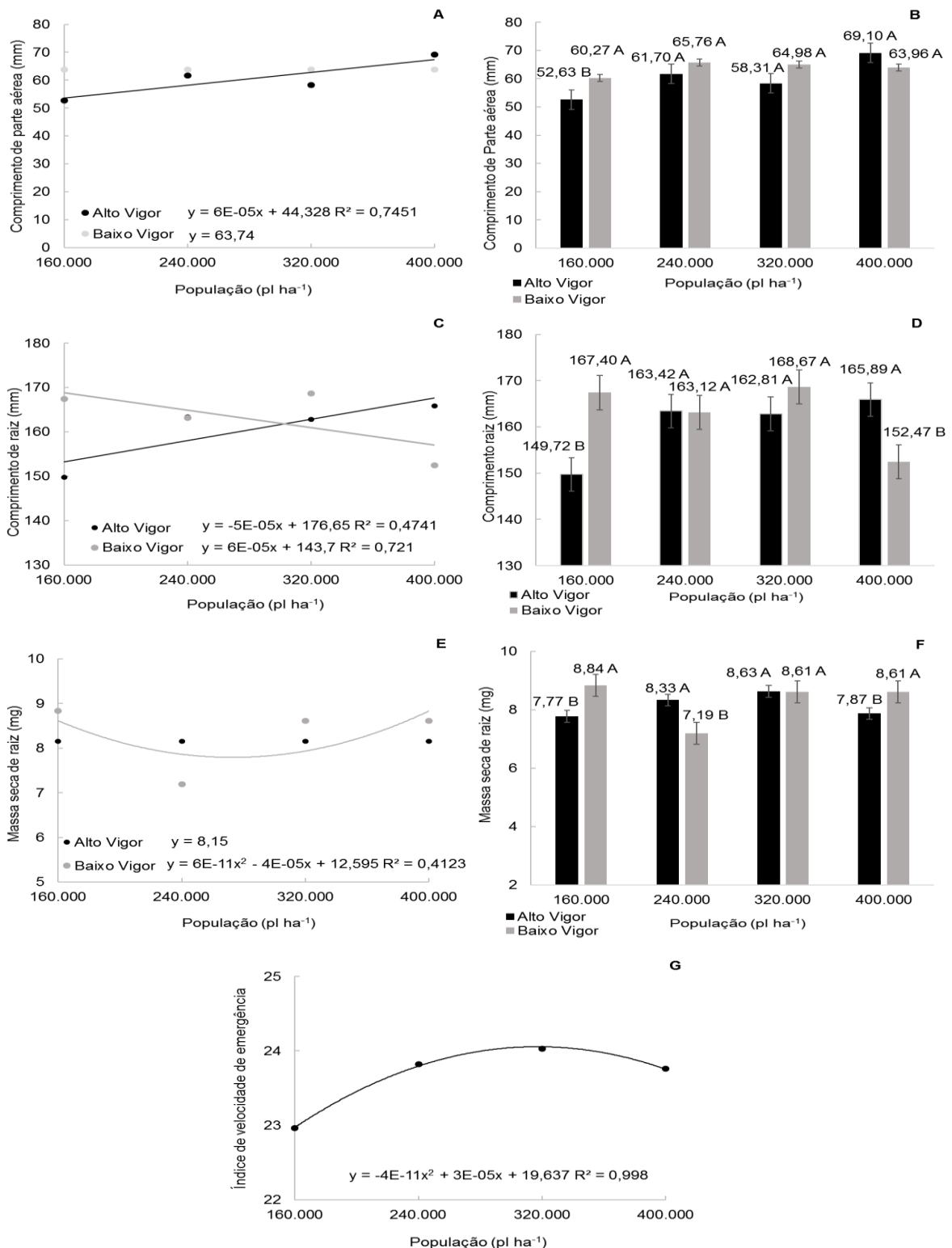


Figura 4.2 - Interação entre os fatores vigor de sementes e densidade de plantas para comprimento de parte aérea (A e B), comprimento de raiz (C e D) e massa seca de raiz (E e F) e efeito isolado do fator densidade de plantas para índice de velocidade de emergência (G), em sementes de soja da cultivar BRS 284 produzidas em Londrina-PR. Para comparação dos níveis de vigor dentro de cada nível de densidade, médias com a mesma letra maiúscula não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para a massa seca de raiz observou-se ajuste quadrático para as sementes provenientes de plantas obtidas a partir de sementes de baixo vigor com ponto de mínima de 7,8mg na densidade de 272.000 plantas ha⁻¹(Figura 4.2E). Nas populações de 160.000 e 400.000 plantas ha⁻¹ as raízes de plântulas provenientes de sementes de plantas obtidas de sementes menos vigorosas foram 12,1% e 8,6%, respectivamente, mais pesadas. Já na densidade de 240.000 plantas ha⁻¹ as raízes de plântulas provenientes de sementes de plantas obtidas de sementes mais vigorosas foram 13,6% mais pesadas que as oriundas de plantas obtidas de sementes menos vigorosas (Figura 4.2F). Apesar das diferenças estatísticas entre sementes de alto e baixo vigor utilizadas na semeadura, quando se observa numericamente nota-se que as variações são pouco expressivas, corroborando os resultados observados para o comprimento de plântulas. A ausência de resultados significativos para massa seca de plântula foi observado por Vanzolini et al. (2007) estudando testes de vigor em sementes de soja.

O índice de velocidade de emergência ajustou-se a um comportamento quadrático com ponto de máxima de 24,1 na densidade de 317.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.2G). Vazquez, Carvalho e Barbosa (2008) estudando o efeito da redução na população de plantas (400.000, 340.000, 280.000, 220.000 e 160.000 plantas ha⁻¹) na qualidade fisiológica observaram efeito oposto e juntamente aos demais resultados concluíram que a população de plantas não interfere na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Em Ponta Grossa, para os dados de primeira contagem da germinação, houve ajuste quadrático para as sementes provenientes de plantas obtidas de sementes de baixo vigor com ponto de máximo em 84 % na população de 212.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.3A). Na população de 160.000 plantas ha⁻¹ as sementes provenientes de plantas obtidas de sementes de alto vigor apresentaram 15% mais plântulas normais no teste de primeira contagem da germinação do que as oriundas de plantas obtidas de sementes menos vigorosas (Figura 4.3B), resultados que vão ao encontro aos obtidos por Nakagawa, Rosolem e machado (1986) e em contradição aos de Rossi, Cavariani e França neto (2017). Essas divergências nos resultados provavelmente ocorreram devido a diferença entre os fatores de produção, como os genótipos e as condições climáticas do ambiente de cultivo, características que interferem na produtividade e na qualidade das sementes produzidas.

No teste de germinação, para as sementes provenientes de plantas obtidas a partir de sementes menos vigorosas conforme se aumentou a densidade de plantas houve aumento linear da porcentagem de germinação com valor máximo de 88% na população de 400.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.3C). Además, na densidade de 160.000 plantas ha⁻¹ quando as sementes foram provenientes de plantas obtidas de sementes mais vigorosas apresentaram germinação 11% maior quando comparadas as sementes oriundas de plantas provenientes de sementes menos vigorosas (Figura 4.3D). Ferreira et al. (2017) não observaram efeito da densidade de plantas na germinação de sementes, resultados que atribuem a ausência de estresses climáticos durante a formação das sementes. Já a diferença significativa na germinação entre as plantas de alto e baixo vigor dentro da densidade de 160.000 plantas ha⁻¹, possivelmente ocorreu devido a menor taxa de crescimento e desenvolvimento das plantas menos vigorosas o que pode ter afetado a produção e translocação de fotoassimilados, comprometendo a formação das sementes. Henning et al. (2010), estudando a diferença entre a composição química e mobilização de reservas de sementes de alto e baixo vigor destacaram que sementes mais vigorosas possuem maiores teores de proteínas solúveis, amido e açúcares solúveis, além de maior capacidade de mobilização de reservas na germinação. Vale ressaltar que, independente do vigor inicial das sementes utilizadas na instalação do campo de produção e da densidade de plantas utilizada as sementes produzidas permaneceram acima do padrão mínimo de comercialização estabelecida por lei que é de 80% (BRASIL, 2013).

Quanto ao índice de velocidade de emergência de plântulas, para as sementes originadas de plantas obtidas a partir de sementes menos vigorosas, ao passo que se aumentou a densidade de plantas observou-se elevação do índice (Figura 4.3E). Ainda, na densidade de 160.000 plantas ha⁻¹ as sementes originadas de plantas obtidas de sementes mais vigorosas apresentaram velocidade de emergência 8,3% maior que as menos vigorosas (Figura 4.3F). Plantas provenientes de sementes mais vigorosas apresentam taxa de crescimento superior quando comparadas as menos vigorosas, o que leva a uma maior produção de matéria seca e área foliar (KOLCHINSKI, SCHUCH, PESKE, 2006), gerando sementes melhor formadas (SCHEEREN et al. 2010). Sementes com melhor formação possivelmente são mais eficientes na reorganização das membranas celulares durante o processo de embebição (DIAS e MARCOS FILHO, 1996), bem como, possuem complexo

enzimático melhor estabelecido levando a uma velocidade de germinação e crescimento inicial mais eficiente.

Em relação a emergência de plântulas em areia, conforme se aumentou a densidade de plantas, as sementes provenientes de plantas obtidas de sementes vigorosas apresentaram decréscimo da porcentagem de plântulas emergidas com valor mínimo de 95% na densidade de 400.000 plantas ha⁻¹, contudo, com variação máxima de 4% entre a maior e menor densidade utilizada. Para as sementes provenientes de plantas obtidas de sementes de menor vigor houve ajuste quadrático com ponto de máximo em 97% na população de 313.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.3G). Além disso, na densidade de 160.000 plantas ha⁻¹ as sementes oriundas de plantas obtidas de sementes de alto vigor apresentaram 8% a mais de plântulas emergidas quando comparadas as de baixo vigor.

O vigor das sementes utilizadas na semeadura influenciou significativamente os resultados do teste de comprimento de plântulas e comprimento de parte aérea (Figura 4.4A e 4.4B), de modo que, as sementes provenientes de plantas obtidas de sementes de alto vigor foram 7,5 mm e 5,4 mm, respectivamente, maiores que as sementes provenientes de plantas obtidas com sementes de baixo vigor. O uso de sementes mais vigorosas proporciona vantagens principalmente no desempenho inicial das plantas (KOLCHINSKI, SCHUCH, PESKE, 2006), no entanto, neste trabalho se observou que tais vantagem estenderam-se até o final do ciclo da cultura impactando na qualidade das sementes produzidas, pois geraram sementes com maior capacidade de produzir plântulas mais vigorosa quando comparado ao uso de sementes de baixo vigor em áreas de produção de sementes.

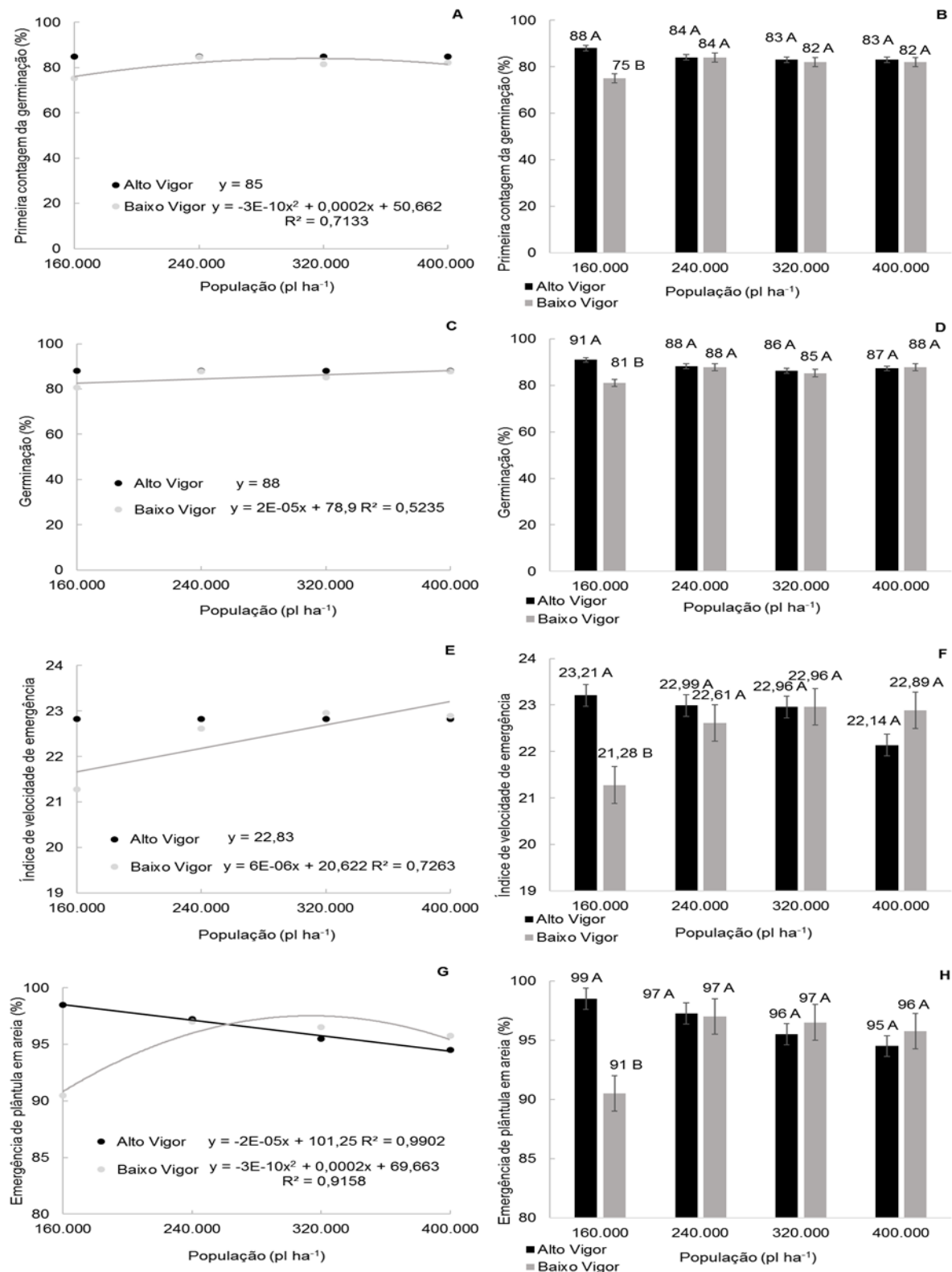


Figura 4.3 - Interação entre os fatores vigor de sementes e densidade de plantas para, primeira contagem da germinação (A e B), germinação (C e D), índice de velocidade de emergência (E e F) e emergência de plântula em areia (G e H), em sementes de soja da cultivar de BRS 284 produzidas em Ponta Grossa -PR. Para o desdobramento do nível de vigor dentro de cada nível de densidade, letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

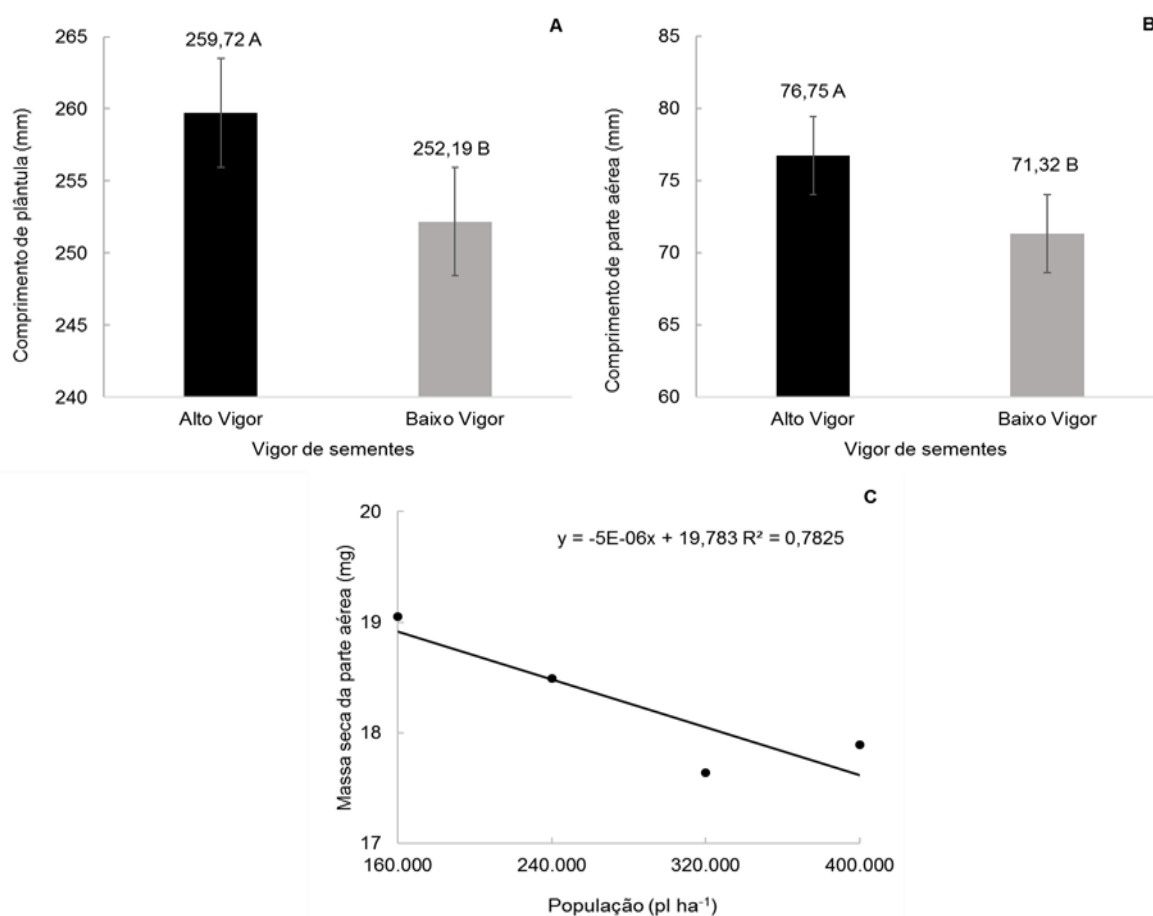


Figura 4.4 - Efeito isolado do fator vigor de sementes para as variáveis comprimento de plântula (A) e comprimento da parte aérea (B) e, efeito isolado de densidade de plantas para massa seca da parte aérea (C), em sementes de soja da cultivar BRS 284 produzidas em Ponta Grossa - PR. Para efeito isolado de vigor, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quanto a massa seca da parte aérea, o aumento na densidade de plantas proporcionou redução linear na massa seca de hipocótilo (Figura 4.4C). A elevação da densidade leva a ocorrência de maior competição intraespecífica pelos recursos ambientais como luminosidade, água e nutrientes (BALBINOT JUNIOR et al., 2015), mudanças que podem ocasionar variações nos teores de proteína, óleo, ácido oleico e linoleico, afetando formação e conseqüentemente o vigor das sementes (BELLALLOUI et al., 2014). O aumento da população de plantas pode ter levado a alterações na composição química das sementes prejudicado em intensidade e quantidade a translocação de reservas dos cotilédones para o eixo embrionário levando a um menor acúmulo de massa no hipocótilo.

Com os resultados obtidos, fica evidenciado que a densidade de plantas influencia a qualidade fisiológica das sementes produzidas, visto que, nas

sementes provenientes de plantas oriundas de sementes de baixo vigor cultivadas em Ponta Grossa, houve elevação dos valores de primeira contagem da germinação e índice de velocidade de emergência, indicando aumento do nível de vigor das sementes. A diferença observada pode estar relacionada a capacidade de compensação da cultivar utilizada, característica intrínseca ao genótipo, ou por se tratar de sementes menos vigorosas. Ainda em Ponta Grossa, para o vigor de sementes na densidade de 160.000 plantas ha⁻¹, o uso de sementes de menor vigor acarretou na produção de sementes menos vigorosas, diferença ocorrida possivelmente pela maior dependência da expressão individual de cada planta quanto a produção e translocação de fotoassimilados para a formação das sementes.

Vale ressaltar que mesmo após realizado correção da população de plantas através do desbaste houve efeito do vigor das sementes utilizadas na semeadura sobre a qualidade das sementes produzidas. Portanto, a correção na densidade de plantas em função do vigor de sementes deve ser um aspecto a ser considerado nas áreas de produção de sementes, contudo deve ser relacionada ao ambiente de cultivo, de modo a permitir a expressão da plasticidade inerente ao genótipo para assim não comprometer a qualidade da semente produzida.

Apesar de não comparado estatisticamente, é evidente a influência do ambiente de cultivo na qualidade das sementes produzidas, visto que, em Londrina na safra 2017/2018 ocorreu melhor distribuição das chuvas quando comparado a Ponta Grossa. Essa diferença, provavelmente, interferiu na capacidade de compensação das plantas cultivadas em Ponta Grossa, principalmente nas plantas oriundas de sementes de menor vigor as quais são mais dependentes da disponibilidade hídrica, variável que interfere na absorção de nutrientes e consequentemente no aproveitamento da luz para a fotossíntese.

4.6 CONCLUSÕES

Não há influência da densidade de plantas e do vigor das sementes utilizadas para implantação da cultura na qualidade sanitária das sementes produzidas, tanto em Londrina como em Ponta Grossa.

Em Ponta Grossa a utilização de sementes de baixo vigor associada a menores densidades reduz a qualidade fisiológica das sementes, ao passo que, em Londrina esses fatores não afetaram o potencial fisiológico das sementes produzidas.

A influência da densidade de plantas e do vigor de sementes na qualidade das sementes produzidas depende do ambiente de cultivo.

4.7 REFERÊNCIAS

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2013**. Disponível em:

<<http://www.abrasem.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/AnuarioAbrasem2013.pdf>>. Acesso: 29 dez. 2018.

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2016**. Disponível em:

<http://www.abrasem.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_SITE.pdf>. Acesso: 29 dez. 2018.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. D. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semente influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, 2015.

BELLALOU, N.; MENGISTU, A.; WALKER, E. R.; YOUNG, L. D. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing. **Crop Science**, v. 54, n. 4, p. 1782-1795, 2014.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Curitiba: Embrapa Florestas; Londrina: Iapar, 2008. 74p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 183, 20 set. 2013. Seção 1, p. 6-27.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio**. Brasil 2016/17 a 2026/27, Projeções de Longo Prazo. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-2017-finalizado.pdf/view>>. Acesso: 29 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009, 398p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**, cultura soja. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sizarc/gerarRelatorioRelacaoCultivares.action?sgJAASAplicacaoPrincipal=sizarc>>. Acesso em: 31 jul. 2017b.

CARNEIRO, G. E. S.; PÍPOLO, A. E.; MELO, C. L. P.; LIMA, D.; MIRANDA, L. C.; PETEK, M. R.; GOMIDE, F. B.; DALBOSCO, M.; DENGLER, R. U. **Cultivares de soja - Macrorregiões 1, 2, 3**. Centro sul do Brasil. Embrapa Soja, Londrina, PR, 2012.

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

CRUZ, S. C. S.; JUNIOR, D. G. S.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O., MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de agricultura neotropical**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

DIAS, D. C. F. S; MARCOS FILHO, J. testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) merrill). *ScientiaAgricola*, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1996.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil – safra 2015/16**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076672/qualidade-de-sementes-e-graos-comerciais-de-soja-no-brasil---safra-201516>>. Acesso em: 01 set. 2018.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: EmbrapaSoja, 2016. 82p. (Documentos, 380).

FERREIRA, A. S; ZUCARELI, C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; COELHO, A. E. Size, physiological quality, and green seed occurrence influenced by seeding rate in soybeans. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

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

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. EMBRAPA Agropecuária do Oeste, Dourados, 1997. (Documento11).

HEIFFIG, L. S.; CAMARA, G. M.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S.M. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, v. 80, p. 188-212, 2010.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Documentos 264. 2ª Ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, 52p.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, 2010.

HOFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso: 30 jul. 2018.

KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, 2006.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira Agropecuária**, v. 12, n. 2, 2006.

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

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; DE SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, 2004.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia agrícola**, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

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

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; França Neto, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da densidade de plantas sobre o comportamento de dois cultivares de soja. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 61, n. 3, p. 277-290, 1986.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The Macmillan, 1979. v. 1, 839p.

PANOZZO, L. E.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; MIELEZRSKI, F.; PESKE, F. B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, v. 16, n. 1, 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

RAMPIM, L.; LIMA, P. R.; HERZOG, N. F. M.; ABUCARMA, V. M.; MEINERS, C. C.; LANA, M. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja comercial e salva. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.

15, n. 4, p. 476-486, 2016.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Rev.Cienc. Agrar**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Emergência a campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, 2000.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM-JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja RoundupReadyTM. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. D. S.; SILVA, A. C. T. M. D.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 90-96, 2007.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M. D.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 1-11, 2008.

WENDT, L.; MALAVASI, M. M; DRANSKI, J. A. L; MALAVASI, U. C; GOMES JUNIOR, F. G. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, 2017.

5 CONCLUSÕES FINAIS

Não há efeito da interação entre vigor de sementes e densidade de plantas para as características agronômicas estudadas em ambas as cultivares.

O acréscimo na densidade de plantas aumenta a altura de plantas e reduz o número de sementes e vagens por planta, sem alterar a produtividade da cultivar BRS 284.

O vigor de sementes não influencia a altura nem o desempenho produtivo da cultivar BRS 284.

Para a cultivar BRS 388 RR, o uso de sementes mais vigorosas e maiores densidades refletem em maior rendimento de sementes.

Não há influência da densidade de plantas e do vigor das sementes utilizadas para implantação da cultura na qualidade sanitária das sementes produzidas, tanto em Londrina como em Ponta Grossa.

Em Ponta Grossa a utilização de sementes de baixo vigor associada a menores densidades reduz a qualidade fisiológica das sementes, ao passo que, em Londrina esses fatores não afetaram o potencial fisiológico das sementes produzidas.

A influência da densidade de plantas e do vigor de sementes na qualidade das sementes produzidas depende do ambiente de cultivo.