

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes**



**Tese**

**Rendimento, qualidade física e fisiológica de sementes de soja em resposta a  
níveis de vigor, distribuição de fertilizante e variáveis climatológicas**

**Simone Morgan Dellagostin**

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

D357r Dellagostin, Simone Morgan

Rendimento, qualidade física e fisiológica de sementes de soja em resposta a níveis de vigor, distribuição de fertilizante e variáveis climatológicas / Simone Morgan Dellagostin ; Tiago Zanatta Aumonde, orientador ; Francisco Amaral Villela, Walter Boller, coorientadores. — Pelotas, 2019.

71 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. *Glycine max* . 2. Rendimento de sementes - Componentes . 3. Vigor de sementes. I. Aumonde, Tiago Zanatta, orient. II. Villela, Francisco Amaral, coorient. III. Boller, Walter, coorient. IV. Título.

CDD : 631.521

**Simone Morgan Dellagostin**  
Engenheira Agrônoma, mestra em Engenharia Agrícola

**Rendimento, qualidade física e fisiológica de sementes de soja em resposta a  
níveis de vigor, distribuição de fertilizante e variáveis climatológicas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências.

Orientador:

Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde (FAEM/UFPEL)

Co-Orientadores:

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela (FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Walter Boller (UPF)

Pelotas, 2019

Rio Grande do Sul - Brasil

Simone Morgan Dellagostin

**Rendimento, qualidade física e fisiológica de sementes de soja em resposta a níveis de vigor, distribuição de fertilizante e variáveis climatológicas**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 18/03/2019

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde (Orientador)  
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lilian Vanusa Madruga De Tunes  
Doutora em Fitossanidade pela Universidade de Santa Maria – UFSM.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gizele Ingrid Gadotti  
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Emanuela Garbin Martinazzo  
Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel.

---

Dr<sup>a</sup>. Caroline Jacome Costa  
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel.  
Pesquisadora/ Embrapa Clima Temperado.

“A sorte acontece aos que estão preparados  
para aproveitar as oportunidades”  
**(Pai.)**

**Dedico...**

Aos meus pais Cláudir e Sabina, meu irmão  
Diego e ao meu namorado Alan pelo carinho,  
apoio incondicional e pelo incentivo nas  
minhas decisões, em todos os momentos  
desta caminhada.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força, saúde e determinação para vencer esta etapa.

Aos meus pais, Cladir e Sabina, e ao meu irmão Diego, pelo amor, incentivo e por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu namorado Alan pelo amor, carinho e todo apoio nesta caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde, pela valiosa orientação, pela paciência, conselhos, ensinamentos e amizade.

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Francisco Amaral Villela e Walter Boller pelos ensinamentos, dedicação e amizade.

Ao doutor Paulo Dejalma Zimmer, por ter me orientado por um período, por todo apoio, receptividade e amizade.

A empresa Agromac, por disponibilizar o sistema de distribuição de fertilizante.

A empresa Costa Beber por disponibilizar as sementes utilizadas no experimento.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, em especial ao Vinícius, Gustavo, Ítala, Michele, João, Ivan, Rudy e Cristian pelo companheirismo, amizade e ajuda na condução deste trabalho.

A todos os estagiários da linha de pesquisa, pelo comprometimento e apoio durante as atividades desenvolvidas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes pela oportunidade e a todo corpo docente por todo aprendizado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos vocês, **MUITO OBRIGADA.**

## Resumo

DELLAGOSTIN, Simone Morgan. **Rendimento, qualidade física e fisiológica de sementes de soja em resposta a níveis de vigor, distribuição de fertilizante e variáveis climatológicas.** 2019. 71f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento, qualidade física e fisiológica de sementes de soja em resposta ao nível de vigor e sistema de distribuição do fertilizante, bem como avaliar as inter-relações entre alguns fatores climatológicos, com o vigor das sementes e os componentes do rendimento da soja produzida no norte do Rio Grande do Sul. O delineamento experimental dos experimentos dos capítulos I e II foram de blocos ao acaso, organizados em esquema fatorial, com dois ambientes de cultivo (Passo Fundo – RS e Ernestina - RS) x três níveis de vigor (alto 90%, médio - 70% e baixo - 60%) x três sistemas de distribuição de fertilizante (ausência; convencional e por transbordo), dispostos em quatro repetições. No capítulo I foram avaliados os componentes do rendimento, bem como o rendimento de grãos. Para o rendimento de grãos (RG), aplicou-se o método *Genotype main effects and genotype environment interaction* (GGE). No capítulo II Foram avaliados os caracteres morfológicos: massa de mil sementes, germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, viabilidade e vigor, comprimento da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e raiz e emergência a campo. O experimento do capítulo III foi realizado em Passo Fundo – RS, os dados foram submetidos à análise de variância, posteriormente à análise de correlação canônica, onde os caracteres foram separados em fisiológicos (grupo I) e morfológicos e componentes do rendimento (Grupo II). Posteriormente, desenvolveu-se um modelo preditivo baseado na regressão múltipla de *Stepwise*. No capítulo I foi possível concluir que o nível de vigor em associação com os sistemas de distribuição de fertilizante potencializa o rendimento de grãos, altura de inserção do primeiro legume e da planta, número de legumes na haste principal e ramificações, magnitude de ramificações e comprimento da soja. Também se concluiu que sementes de alto vigor, podem proporcionar incremento absoluto de 5,6 a 12,5% no rendimento de grãos. Através do capítulo II pode-se concluir que a qualidade fisiológica de sementes de soja é afetada pelo ambiente de cultivo e nível de vigor, e influenciada pelo sistema de distribuição de fertilizante. O ambiente composto por Passo Fundo – RS, demonstrou superioridade para a produção de sementes de maior vigor. No capítulo III pode-se concluir que os caracteres morfológicos estão fortemente associados com os componentes de rendimento da soja, independentemente do nível de vigor utilizado. Em função do nível de vigor utilizado, as variáveis climatológicas influenciam de forma distinta os componentes de rendimento da soja. A partir das variáveis climatológicas é possível prever os caracteres morfológicos e os componentes de rendimento da soja.

**Palavras chave:** *Glycine max*, componentes do rendimento de sementes; vigor de sementes.

## **Abstract**

DELLAGOSTIN, Simone Morgan. **Yield, physical and physiological quality of soybean seeds in response to vigor levels and fertilizer distribution.** 2019. 69f. Doctorate (Doctorate Degree of Science) - Graduate Program in Science and Seed Technology, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2018.

This study aimed to evaluate the yield, physical and physiological quality of soybean seeds in response to the level of vigor and fertilizer distribution system, as well as to evaluate the interrelationships between some climatological factors, seed vigor and components. The experimental design of the experiments of chapters I and II were randomized blocks, arranged in a factorial scheme, with two cultivation environments (Passo Fundo - RS and Ernestina - RS) x three levels of vigor (high 90%, medium - 70% and low - 60%) x three systems of fertilizer distribution (absence, conventional and transhipment), arranged in four replications. In chapter I the components of the yield as well as the yield of grains were evaluated. for grain yield (RG), Genotype main effects and genotype environment interaction (GGE) was applied. In chapter II Morphological characteristics were evaluated: mass of one thousand seeds, germination, accelerated aging, electrical conductivity, viability and vigor, shoot and root length, dry shoot and root mass, and field emergence. The data were submitted to analysis of variance, after the analysis of canonical correlation, where the characters were separated into physiological (group I) and morphological and performance components (Group II). Subsequently, a predictive model based on Stepwise multiple regression was developed. In chapter I, it was possible to conclude that the level of vigor in association with the fertilizer distribution systems potentiates grain yield, insertion height of the first legume and plant, number of vegetables in the main stem and branches, magnitude of branches and length of soy. It was also concluded that high vigor seeds can provide an absolute increase of 5.6 to 12.5% in grain yield. Through Chapter II it can be concluded that the physiological quality of soybean seeds is affected by the growing environment and level of vigor and influenced by the fertilizer distribution system. The environment composed by Passo Fundo - RS, showed superiority for the production of seeds of greater vigor. In chapter III it can be concluded that the morphological characters are strongly associated with the yield components of the soybean regardless of the level of vigor used. Due to the level of vigor used, the climatic variables influence in a different way the components of soybean yield. From the climatological variables it is possible to predict the morphological characters and the yield components of the soybean.

**Keywords:** *Glycine max*; components of seed yield; seed vigor.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

IP- Altura da inserção do primeiro legume  
AP- Altura da planta  
NH- Número de legumes na haste principal  
NLR- Número de legumes nas ramificações  
NR- Número de ramificações  
CM- Comprimento das ramificações  
NM- Número de plantas por metro quadrado  
N1- Contribuição do número legumes com uma semente  
N2- Contribuição do número legumes com duas sementes  
N3- Contribuição do número legumes com três sementes  
N4- Contribuição do número legumes com quatro sementes  
RS- Rendimento de sementes  
HV- Vigor alto  
MV- Vigor médio  
LV- Vigor baixo  
EW- Ernestina - RS/ausência de fertilizante  
EC- Ernestina – RS/distribuição convencional  
EF- Ernestina – RS/distribuição por transbordo  
PW- Passo fundo - RS/ausência de fertilizante  
PC- Passo fundo – RS/distribuição convencional  
EPF- Passo fundo – RS/distribuição por transbordo  
MMS- Massa de mil sementes  
G- Germinação  
EA- Envelhecimento acelerado  
CE- Condutividade elétrica  
VI- Viabilidade  
VIG- Vigor  
CPA- Comprimento da parte aérea  
CR- Comprimento da raíz  
MSPA- Massa seca da parte aérea  
MSR- Massa seca da raíz  
EC- Emergência a campo  
TM- Temperatura máxima  
TMI- Temperatura mínima  
TME- Temperatura média  
UR- Umidade relativa  
TS5- Temperatura do solo a cinco centímetros  
TS10- Temperatura do solo a dez centímetros  
RAD- Radiação solar  
PRE- Precipitação pluviométrica

## **Sumário**

<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>2 CAPÍTULO I.....</b>	<b>18</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	18
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
2.4 CONCLUSÕES .....	35
<b>3 CAPÍTULO II.....</b>	<b>37</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	37
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	38
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.4 CONCLUSÕES .....	49
<b>4 CAPÍTULO III.....</b>	<b>50</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	50
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	51
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
4.4 CONCLUSÕES .....	62
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>

## **1 Introdução geral**

Originária da China, a soja (*Glycine max (L.) Merrill*) é a Fabaceae de maior expressão econômica mundial, onde o Brasil se posiciona como o segundo maior produtor desta oleaginosa. Um levantamento feito pela Companhia Nacional de Abastecimento mostra o quanto a produção da soja no Brasil é relevante com área de 35,2 milhões de hectares e produção de 118,88 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2018).

O crescimento da produção de soja no Brasil está diretamente ligado ao aumento da demanda do grão, que contém 40% de proteína e 20% de óleo. É uma cultura de importância mundial, sendo amplamente utilizada para a elaboração de rações animais, produção de óleo e outros subprodutos, além do seu consumo in natura, que vem se expandindo nas últimas décadas e também servindo de matéria prima para biocombustíveis (CARVALHO, 2013).

A introdução da soja no Brasil ocorreu em 1882. Foram realizados os primeiros estudos na Escola Agronômica da Bahia, e somente em 1891 passaram a ser feitos estudos também no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), em São Paulo. No início, a soja foi cultivada como forrageira, pois não havia emprego para os grãos na indústria (CISOJA, 2019).

Na segunda metade dos anos 70, o cultivo da soja iniciou a expansão pelo território brasileiro, sendo impulsionado pela grande demanda, principalmente internacional. O cultivo da soja iniciou no Rio Grande do Sul, como uma opção de rotação de cultura com o trigo. Após estar assentada no Estado, o cultivo expandiu para o norte, sendo produzida em Santa Catarina, Paraná e São Paulo (MUELLER et al., 2002).

Inicialmente, a produção de soja localizou-se em regiões de maiores altitudes, buscando a ocorrência de temperaturas mais amenas. Existem regiões mais adversas que outras, porém, em todas elas, os grandes desafios para a produção de sementes de alta qualidade são a temperatura e a umidade relativa do ar, durante todo o ciclo produtivo. Existem regiões, como o Centro-Oeste brasileiro, onde temperaturas entre 28 e 36 °C são comuns de se encontrar, e ao associar com um alto teor de água nas

sementes, propicia o rápido desenvolvimento de fungos e, consequentemente, a rápida redução da qualidade fisiológica das sementes (BARRETO e DETMIO, 2009).

Segundo Fessel et al., (2010) e Marcos Filho (2013), o principal objetivo da tecnologia de sementes têm sido a utilização de procedimentos eficientes para a produção, comercialização e utilização de lotes de sementes de alta qualidade. Esses conhecimentos permitem a obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis para detectar e solucionar problemas durante o processo produtivo.

O aumento da produtividade reduz os custos por unidade de produção e proporciona maior garantia de lucratividade da lavoura. Esses resultados estão relacionados à utilização de sementes de alta qualidade física e fisiológica, genética e sanitária. O potencial produtivo é uma característica quantitativa complexa, relacionada com a habilidade da planta em produzir, translocar e alocar carboidratos nos grãos (SLEEPER e POELMAN, 2006).

Segundo Silva (2017), o mercado de sementes, além do alto percentual de sementes viáveis, vem exigindo características fisiológicas associadas ao vigor, como qualidade e desempenho desse insumo, mostrando que o setor vem profissionalizando-se e as áreas de produção de sementes tornando-se cada vez mais tecnificadas.

O conceito de vigor tem sido bastante difundido pelo setor produtivo. A Associação Oficial dos Analistas de Sementes dos Estados Unidos (AOSA, 2009) publicou uma definição do conceito, onde se pode entender que vigor são aquelas propriedades das sementes que determinam seu desempenho, para emergência rápida e uniforme, bem como, o desenvolvimento de plântulas normais, mesmo em diferentes condições de ambiente.

O vigor das sementes exerce efeitos diretos no crescimento inicial de plantas, o que reflete na habilidade competitiva da cultura com plantas daninhas, as quais apresentam menor crescimento. Além disso, quando em competição maximizada por recursos, o vigor das sementes influencia diretamente na produtividade de grãos e sementes (DIAS; MONDO; CÍCERO, 2010). Conjuntamente com a germinação, atinge o potencial máximo quando as sementes atingem o ponto de maturidade fisiológica (GARCIA et al., 2007).

Para Kryzanowski et al. (1999), o teste de tetrazólio em sementes de soja, permite conhecer a viabilidade e o vigor da semente, sendo possível diagnosticar os principais problemas que podem afetar sua qualidade: danos mecânicos, deterioração por umidade e dano por percevejo, que são os problemas que mais afetam a qualidade fisiológica da semente de soja. Além de avaliar a viabilidade e vigor dos lotes, o teste fornece diagnóstico das possíveis causas da redução da qualidade das sementes.

Pesquisas são conduzidas visando à adequação de procedimentos para a determinação do vigor, a identificação de sua eficiência e a tentativa de padronização para que as empresas produtoras possam utilizar essas informações para a composição de programas internos de controle de qualidade (KRYZANOWSKI, 1999). Schuch et al. (1999) verificaram que a redução no nível do vigor das sementes aumenta o tempo médio necessário para a protrusão da raiz primária, bem como reduz o número médio de raízes eTMlidas por dia.

A maior velocidade na emergência e a produção de plântulas com maior tamanho pode proporcionar às plantas provenientes das sementes vigorosas vantagem inicial no aproveitamento de água, luz e nutrientes. Vanzolini e Carvalho (2002) verificaram que as sementes mais vigorosas produziram plântulas de soja com maior comprimento de raiz primária e total.

Sabe-se da grande importância da nutrição mineral, tanto para o rendimento quanto para a qualidade fisiológica das sementes, porém o número de estudos nesse contexto é escasso, de modo que a recomendação de fertilizantes para a implantação de culturas destinadas à produção de sementes é geralmente semelhante àquela utilizada para a produção de grãos, sendo que as recomendações não são correlacionadas com a produtividade e qualidade de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Em campos de produção de sementes, em geral, o fornecimento de fertilizantes se dá de forma mais criteriosa quando se compara com um campo de produção de grãos, pois, as condições do solo no que diz respeito à disponibilidade de nutrientes para as plantas, influem tanto na produção como na qualidade do produto gerado, afetando a formação do embrião e dos órgãos de reserva, a composição química, e,

como consequência, o metabolismo e o vigor das sementes produzidas (OLIVEIRA et al., 2006).

Para melhorar as características químicas do solo, principalmente no que diz respeito ao aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas, a adubação com fertilizantes é uma prática indispensável. Para que a adubação seja realizada de forma adequada, é preciso considerar alguns parâmetros importantes como as características físico-químicas do solo, nutrientes e suas respectivas quantidades de acordo com recomendação técnica, qualidade do produto, época de aplicação e eficiência da distribuição (ANDA, 2000).

O manejo do nitrogênio é uma prática agrícola bastante estudada, visando melhorar sua eficiência, que é um pré-requisito para diminuição de custos de produção e aumento do rendimento das culturas (KOLCHINSKI & SCHUCH, 2002). Em contrapartida, quando este nutriente é aplicado em doses elevadas, é considerado uma das principais causas da ocorrência do acamamento de plantas. Em cultivos onde há elevada disponibilidade de nitrogênio, o rendimento pode corresponder ao incremento da dose do nutriente com crescimento vegetativo excessivo e, sendo assim, resulta em reflexos negativos no rendimento (ZAGONEL et al., 2002).

Segundo Raij (2011), o fósforo (P) apresenta baixa mobilidade no solo e alta capacidade de adsorção aos minerais de argila e óxidos. Este elemento químico tem grande importância para a produtividade das culturas devido à sua participação nas membranas celulares, nos ácidos nucléicos e como constituinte de compostos armazenadores de energia como o ATP (trifosfato de adenosina), que participa da germinação e fotossíntese (GUERRA et al., 2006). Os mesmos autores afirmam que, em condições de baixa disponibilidade deste nutriente no solo, ocorre redução no porte da planta e na altura de inserção das primeiras vagens, menor produção e abortamento de flores, bem como maior aborto dessas estruturas, contribuindo para uma baixa produtividade.

Segundo Silva et al. (2008), o segundo elemento mais absorvido pelas plantas é o potássio (K). Veiga et al. (2010), trabalhando com sementes de soja, relataram que o aumento da dose de K<sub>2</sub>O incrementou o teor de óleo e reduziu o teor de proteína

e que as atividades das isoenzimas iruvatoquinase, esterase e álcool desidrogenase em sementes de soja foram afetadas pela concentração de potássio.

O potássio merece papel de destaque, principalmente com relação aos estudos que envolvem a qualidade das sementes, visto que dentre as suas funções na planta, esse nutriente está diretamente envolvido no desenvolvimento das sementes, por atuar na formação de amidos e açúcares, no vigor das plantas, propiciando sementes de alta qualidade. Além disso, a sua deficiência poderá acarretar decréscimos na produção e enrugamento das sementes (FONTES, 2001).

A deficiência de potássio, além de prejudicar o funcionamento de várias enzimas e dispor as plantas à penetração de fungos patogênicos, causa diminuição na taxa fotossintética, onde os sintomas começam com clorose internerval, seguida de necrose nas folhas e diminuição da área foliar. Por isso, a consequência negativa no metabolismo das plantas causa problemas nos órgãos reprodutivos, diminuindo a qualidade fisiológica e sanitária das sementes (SFREDO, 2008).

A precisão na dosagem de fertilizante é um dos parâmetros mais importantes da avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras. Neste sentido, diversos trabalhos utilizaram a distribuição de fertilizantes como um indicador de desempenho de semeadoras (PORTELLA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2000; MAHL, 2002). Muitas das áreas cultivadas com culturas agrícolas no Planalto do Rio Grande do Sul caracterizam-se pelo relevo ondulado, o que pode causar variações no nivelamento da semeadora, e, consequentemente, no mecanismo dosador de fertilizantes.

Existem, no mercado, cerca de cinco modelos dosadores de fertilizantes, usados em semeadoras-adubadoras: dosador sem-fim com descarga por transbordo transversal, dosador sem-fim com descarga por gravidade, dosador sem-fim com descarga e transbordo lateral, dosador rotor acanalado e dosador disco estrela. Pode-se destacar, atualmente, o tipo sem-fim, tendo como principais características a forma de expulsar o fertilizante, por gravidade: quando não há impedimento da transferência para o elemento condutor, e esta é realizada em uma das extremidades longitudinais do dosador; por transbordo transversal, quando existe uma barreira perpendicular ao sentido de transporte do fertilizante, que é descarregado também na extremidade longitudinal do equipamento, e, por

transbordo e descarga lateral, quando há uma barreira paralela ao elemento transportador e a descarga do produto é realizada através desta, lateralmente. (BONOTTO, 2012).

Segundo Altmann et al. (2010), os principais fatores que influenciam no funcionamento dos mecanismos dosadores de fertilizantes são: inclinação de trabalho, velocidade de acionamento e o tipo de fertilizante. E muitas áreas cultivadas com culturas de grãos no Brasil caracterizam-se pelo relevo ondulado e, dependendo da forma com que se faz a semeadura, podem causar variações no nivelamento da semeadora-adubadora e, consequentemente, influir na dosagem dos mecanismos dosadores de fertilizantes (FERREIRA et al. 2007)

Na agricultura brasileira o sistema de aplicação de corretivos e fertilizantes predominante é o convencional, ou seja, trabalha-se com uma condição representativa da fertilidade do solo, que gera uma recomendação constante para a área, o que pode ser definido como uma técnica de adubação pela média. Sendo o solo por natureza variável em seus atributos químicos, a exigência de correção e adubação é variável, então ao fazer aplicação em “taxa fixa” em alguns locais do solo será aplicada uma quantidade insuficiente e em outros excessivamente. Sendo assim, o solo apresenta necessidade de uma aplicação em “taxa variável” (BONOTTO, 2012).

Segundo Bonotto (2012) o mecanismo dosador em linha mais fabricado é do tipo helicoidal, que consta de um parafuso colocado sob o depósito de fertilizante, é acionado por um sistema de transmissão por engrenagens, sendo que a vazão de fertilizante é função da especificação do helicoide, referente aos diâmetros interno e externo e do “passo” entre as espiras, e da velocidade de acionamento. Os dosadores de rotores denteados já foram muito utilizados nas semeadoras de grãos miúdos, sendo montados no fundo do depósito de fertilizante, composto por um rotor denteado, disposto de modo horizontal, que gira sobre uma placa de apoio que contém o orifício de saída do fertilizante. O dosador de disco horizontal rotativo foi muito empregado nos sulcadores e adubadores para cana-de-açúcar, constando de um disco rotativo liso, acoplado com uma engrenagem coroa, que gira contra uma lingueta raspadora, que direciona o fertilizante para o copo coletor e deste para o tubo de saída.

Ao avaliar o desempenho de dosadores em função de inclinações longitudinais e transversais, separadamente, Bonotto (2012) concluiu que, quanto às inclinações longitudinais, o mesmo apresentou efeito significativo sobre a taxa de aplicação para os cinco mecanismos dosadores estudados, com os três tipos de fertilizante sendo observada tendência de aumento da taxa de aplicação quando operando em inclinações positivas e redução na taxa de aplicação para inclinações negativas. Para as inclinações transversais, também ocorreu efeito significativo, porém não foi possível observar tendências no comportamento pois para cada vazão, fertilizante e dosador, houve comportamentos diferentes.

Os componentes do rendimento em plantas de soja são definidos em diferentes fases do ciclo da cultura, sendo eles, altamente correlacionados com a produtividade das plantas, sendo assim, a produtividade de uma lavoura é definida ao longo do desenvolvimento das plantas (DALCHIAVON & CARVALHO, 2012). No campo, diferentes fatores como a radiação solar, fotoperíodo, genótipo, nutrição de plantas, aplicação de fungicidas e herbicidas afetam o desempenho das plantas e promovem alterações nos componentes do rendimento e produtividade (LUDWIG et al., 2010; MORALES et al., 2011; NICO et al., 2015).

Farias et al., (2009) dizem que o conhecimento da fenologia da soja é de extrema importância, pois este auxilia no agrupamento e identificação de seus estádios fenológicos, tornando possível com as necessidades da planta no decorrer de seu ciclo, tendo em vista que os elementos meteorológicos sofrem variações diversas dependendo da região, tipo de solo, época de semeadura e ciclo da cultura. Os elementos climáticos (temperatura, radiação e precipitação) interferem diretamente no desenvolvimento da cultura da soja, sendo o principal fator de risco e falta de sucesso na produtividade, pois podem diminuir de forma significativa os rendimentos das lavouras (EMBRAPA, 2008).

A água é o recurso mais importante que a planta precisa para o seu crescimento e funcionamento e também é o mais limitante (TAIZ E ZEIGER, 2013). Além de constituir 90% do peso da planta, a água participa de todos os processos fisiológicos e químicos, desempenhando função solvente e ainda atua na regulação térmica das plantas (EMBRAPA, 2008). A cultura da soja necessita de 450 a 850 mm de água bem

distribuídos durante seu ciclo para seu bom desenvolvimento e produção de grãos (Franke, 2000). No período da germinação e emergência tanto o excesso de água como o déficit prejudicam a uniformidade das plantas, a umidade não deve ultrapassar 85% e nem estar abaixo de 50% (EMBRAPA, 2011).

A ocorrência de deficiência hídrica durante o processo final da maturação das sementes de soja, por exemplo, provoca redução do peso das sementes e afeta significativamente seu desempenho fisiológico, embora promova a elevação do teor de proteínas (MARCOS FILHO, 2005). Na fase vegetativa a necessidade hídrica aumenta para 5 mm dia-1, por causa do desenvolvimento da área foliar. Secas durante esse período interferem na estatura da planta, no entanto, o excesso de água promove o acamamento diminuindo a produtividade.

A fase em que a cultura da soja mais requer água é a floração e enchimento de grãos necessitando de 7 a 8 mm dia-1. O déficit hídrico também pode causar mudanças fisiológicas, culminando no abortamento de flores e abscisão prematura de folhas, além de diminuir a produtividade (DOGAN ET AL., 2007; EGLI E BRUENING, 2004). O estresse hídrico ainda provoca a redução do potencial hídrico foliar, fechamento dos estômatos, decréscimo da taxa de fotossíntese, diminuição da parte aérea, antecipação da senescência, entre outros (FERRARI et al., 2015).

Segundo Bellaloui (2011), a temperatura é um elemento de interferência no crescimento de plantas de soja, apresentando resultados significativos no desenvolvimento, produção e composição dos grãos, dessa forma, o aumento da temperatura pode ter efeitos negativos ou positivos, o que vai determinar é a amplitude em que ela se encontra. A faixa ideal de temperatura para a cultura da soja é de 20 a 30 °C, sendo que abaixo de 10 °C a planta cessa o crescimento (EMBRAPA, 2006). O florescimento somente acontece com temperaturas acima de 13 °C.

A floração precoce acontece devido à presença de elevadas temperaturas, proporcionando uma menor estatura da planta e esse quadro piora com o déficit hídrico ou fotoperíodo durante a fase de crescimento da soja (EMBRAPA, 2010). Elevadas temperaturas também promovem estresse durante os estádios de desenvolvimento da soja, podendo diminuir significativamente as variáveis de rendimento da planta.

Em trabalho realizado por Oh-e et al. (2007) pode-se notar elevação na produtividade de soja em temperaturas diárias entre 27 °C – 31 °C durante o enchimento de grãos, mas decréscimo em temperaturas superiores a 31 °C. Tacarindua et al. (2013) perceberam que o aumento da temperatura de 26 °C – 30 °C durante os estádios de crescimento da planta reduzia a taxa fotossintética, o número de sementes por planta, o número de vagens, e o peso das sementes.

A temperatura do solo é um dos fatores mais importantes para a germinação de sementes e desenvolvimento das plantas. Caso a temperatura do solo não se apresente dentro de uma faixa de temperatura adequada para a manutenção dos processos fisiológicos envolvidos a atividade microbíologica poderá ser interrompida, as sementes poderão não germinar e as plantas não se desenvolverem (GASPARIM et al., 2005). Silva (2002) trabalhando com a cultura da soja, cita que a temperatura ótima para germinação da semente fica na faixa de 25 a 30°C e para nodulação e fixação de nitrogênio entre 27 °C e 32 °C.

Segundo Câmara (2000) a radiação solar, para a cultura da soja, está relacionada com a fotossíntese, elongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e, fixação biológica. De acordo com Shibles & Weber (1965), o total de fitomassa seca produzida pela soja, depende da percentagem de radiação fotosinteticamente ativa interceptada e da eficiência de utilização dessa energia pelo processo fotossintético.

Sendo assim, o capítulo I teve como objetivo avaliar as respostas de produtividade de campos de produção de soja em resposta a associação entre nível de vigor de sementes e sistemas de distribuição de fertilizantes na linha de semeadura. O capítulo II teve como objetivo avaliar a performance de produção de sementes por plantas de soja, em resposta a associação entre níveis de vigor e distribuição de fertilizante na linha de semeadura. O capítulo III teve como objetivo avaliar as inter-relações entre alguns fatores climatológicos, com o vigor das sementes e os componentes do rendimento de sementes de soja produzidas no norte do Rio Grande do Sul.

## **2 Capítulo I**

### **Nível de vigor da semente, sistemas de distribuição de fertilizante e respostas no rendimento de sementes de soja**

#### **2.1 Introdução**

O crescimento da população mundial está diretamente relacionado com a demanda por alimentos, sendo essencial a melhoria das técnicas de cultivo para a potencialização da produtividade. Diante disto, com intuito de construir lavouras de elevados rendimentos, torna-se necessário a obtenção de plantas com alto desempenho originadas de sementes de alta performance e cultivadas com técnicas de manejo adequadas, que utilizem eficientemente os recursos disponíveis no ambiente.

São muitos os fatores que influenciam o rendimento da soja, entre eles, destacam-se o uso de sementes de elevada qualidade fisiológica e de alto vigor, para que então, seja obtida uniformidade na germinação, emergência e no crescimento das plântulas em campo, resultando em efeitos benéficos no rendimento de grãos (MARCOS FILHO et al., 2015).

A busca por lavouras uniformes e pelo desempenho diferencial das plantas está intimamente relacionada com o uso de sementes de alto potencial fisiológico e com a deposição uniforme e na quantidade adequada do fertilizante na linha de semeadura. Estes efeitos podem ser prejudicados por peculiaridades expressas em alguns ambientes de cultivo, tais como, as declividades acentuadas que podem prejudicar o adequado funcionamento do conjunto trator-semeadora, principalmente no que tange a distribuição correta do fertilizante.

A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para a expressão do potencial produtivo da espécie e da variedade em cultivo. Isso porque a semente é veículo dos avanços do melhoramento vegetal, expresso pelo atributo genético, e tem seu desempenho influenciado por atributos físicos, sanitários e fisiológicos. Dentre os

atributos da qualidade fisiológica das sementes, o vigor destaca-se por relacionar-se a taxas e uniformidades de germinação, de emergência e de crescimento de plântulas no campo com possibilidades de influenciar também o rendimento de grãos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as respostas de produtividade de campos de produção de soja em resposta a associação entre nível de vigor de sementes e sistemas de distribuição de fertilizantes na linha de semeadura.

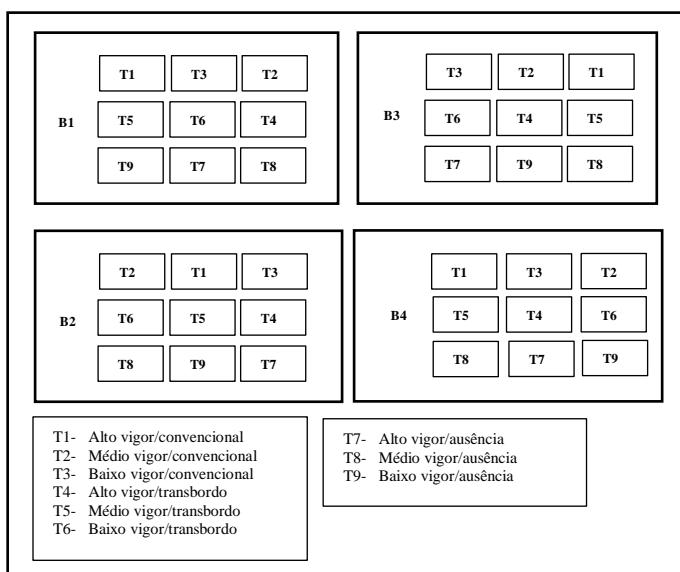
## 2.2 Material e métodos

O experimento foi instalado em dois campos de produção (ambientes) na safra agrícola de 2016/2017, sendo, Ernestina - RS, localizada na latitude 28°29'56"S e longitude 52°34'24"O com altitude de 493 m, e Passo Fundo – RS, nas coordenadas latitude 28°15'46"S e longitude 52°24'24"O com altitude de 687 m. Os solos foram classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico (STRECK et al., 2008) e o clima para ambos os ambientes foi caracterizado por Köppen como subtropical úmido tipo Cfa.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso organizado em esquema fatorial, sendo dois ambientes de cultivo (Passo Fundo – RS e Ernestina - RS) x três níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo) x três sistemas de distribuição de fertilizante (ausência; convencional e por transbordo), dispostos em quatro repetições.

Antes da semeadura, as sementes foram estratificadas em lotes com diferentes níveis de vigor, através do método de envelhecimento acelerado (AOSA, 2009). Para isso, as sementes foram distribuídas em camadas únicas de aproximadamente 250 gramas e dispostas sobre uma tela de alumínio fixada no interior de um recipiente plástico, adaptado para o teste. Em cada recipiente foram adicionados 240 mL de água, os quais foram alocados em câmara de envelhecimento ajustada para 41 °C. Após 48; 84 e 96 horas de exposição, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009), sendo o critério estabelecido para definir os níveis de vigor em 90% (alto); 70% (médio) e 60% (baixo).

Foram utilizados três sistemas de distribuição de fertilizante na semeadura, sendo o dosador convencional composto por rosca sem-fim com saída inferior por gravidade através de tubo condutor até o sulco no solo; O sistema por transbordo (não convencional) é composto por rosca sem-fim com saída por transbordo onde o fertilizante é acionado pelo impulsionador (sem-fim) e conduzido até uma câmara de represamento, ocorrendo o transbordo em quantidades volumétricas uniformes e homogêneas através do regulador de nível, para o bocal de descarga direcionado ao solo. Houve ainda, um nível de tratamento representando a ausência de distribuição do fertilizante.



**Figura 1.** Croqui da área experimental, reproduzida nos ambientes de cultivo Ernestina – RS e Passo Fundo – RS, onde B1 se refere ao bloco 1, B2 ao bloco 2, B3 ao bloco 3 e B4 ao bloco 4, contendo nove parcelas em cada bloco.

A semeadura foi realizada na primeira quinzena do mês de novembro de 2016, onde se utilizou como modelo biológico a cultivar DM 5958RSF IPRO® com hábito de crescimento indeterminado. A densidade de semeadura correspondeu a 30 sementes  $m^{-2}$  e a unidade experimental foi composta por cinco linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas por 0,45metros, totalizando 11,25  $m^2$ . Para as avaliações dos caracteres de interesse, foram colhidas 3,96  $m^2$  correspondendo à área útil da unidade experimental.

A correção da fertilidade e da acidez do solo foi efetuada com base na análise prévia do solo e seguindo instruções do manual de adubação e calagem (CQFS, 2004). Utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante NPK na formulação 02-20-20 e o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças foram realizados preventivamente para minimizar os efeitos bióticos nos resultados do experimento. Os caracteres de avaliação foram mensurados através da seleção aleatória de dez plantas oriundas da área útil de cada unidade experimental, sendo:

Altura de inserção do primeiro legume (**IP**): aferida através da distância entre o nível do solo até a inserção do primeiro nó reprodutivo com presença de legume, sendo os resultados expressos em centímetros (cm).

Altura da planta (**AP**): mensurada através da distância entre o nível do solo e a extremidade superior da haste principal. Os resultados foram apresentados em centímetros (cm).

Número de legumes na haste principal (**NH**): foi aferido através da contagem do número total de legumes viáveis na haste principal, sendo resultados demonstrados em unidades.

Número de legumes nas ramificações (**NR**): determinado através da contagem do número total de legumes viáveis presentes nas ramificações. Os resultados foram expressos em unidades.

Número de ramificações na haste principal (**HP**): efetuado através da contagem das ramificações superiores a dez centímetros contendo legumes. Os resultados foram exibidos em unidades.

Comprimento das ramificações (**CM**): mensurado através da média da medida de três ramificações presentes em cada planta, sendo os resultados expostos em centímetros (cm).

Número de plantas por metro quadrado (**NM**): computou-se a magnitude de plantas na área útil de cada unidade experimental. Os resultados foram retratados em unidades.

Contribuição do número de sementes constantes nos legumes: para isso foram avaliados os legumes dotados de um (**N1**); dois (**N2**); três (**N3**) e quatro (**N4**) grãos,

sendo mensurados através da contagem do número de legumes com sementes viáveis. Os resultados foram expressos em percentual (%).

Rendimento de Sementes (**RS**): obtido pela razão entre a massa de sementes colhidas na área útil de cada unidade experimental sendo esta ponderada pelo número de plantas contidas na área útil da unidade experimental, após ponderou-se para 12% de umidade e a densidade populacional foi ajustada para hectare. Os resultados foram expressos em sacos por hectare ( $sc\ ha^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos ao diagnóstico de normalidade e homogeneidade das variâncias, após procedeu-se a análise de variância a 5% de probabilidade com intuito de verificar a presença de interação entre os ambientes de cultivo x níveis de vigor x sistemas de distribuição de fertilizante. Quando significativo desmembrou-se aos efeitos simples, em contrapartida, na ausência de significância das interações, os fatores de variação foram desmembrados para os efeitos principais.

Para o rendimento de grãos (RG), aplicou-se o método *Genotype main effects and genotype environment interaction* (GGE), isto permitiu conciliar os efeitos atribuídos aos ambientes de cultivo, níveis de vigor testados e sistemas de distribuição de fertilizante. Através deste, foi possível identificar quais níveis de tratamento revelaram elevada performance (YAN, 2001; WOYANN et al., 2016).

## 2.3 Resultados e discussão

A análise de variância revelou, a 5% de probabilidade, efeito significativo para a interação entre os ambientes de cultivo x níveis de vigor x sistemas de distribuição de fertilizante (Tabela 1), para a altura da inserção do primeiro legume (IP), altura da planta (AP), número de legumes na haste principal (NH), número de legumes nas ramificações (NR), número de ramificações (HP), comprimento das ramificações (CM), número de plantas por metro quadrado (NM) e rendimento de grãos (RG).

Interação significativa foi evidenciada entre os níveis de vigor x sistemas de distribuição de fertilizante para a contribuição ao rendimento de grãos através dos legumes com um grão (N1), interação significativa entre ambiente de cultivo x sistema de distribuição de fertilizante foi constatada para a contribuição ao rendimento de

grãos através dos legumes com quatro grãos (N4). A interação significativa foi expressa entre o ambiente de cultivo x níveis de vigor para a contribuição ao rendimento de grãos através dos legumes com um (N1) e dois grãos (N2).

A inserção do primeiro legume (IP) revelou (Tabela 2) que na ausência e no sistema de distribuição de fertilizante convencional o ambiente Ernestina – RS potencializou as magnitudes deste caráter quando as plantas foram oriundas dos níveis de vigor alto e médio. Para o manejo com a distribuição de fertilizante por transbordo houve maior altura de inserção do primeiro legume ao empregar sementes de alto vigor. Para Passo Fundo - RS a ausência de fertilizante incrementou este caráter em plantas oriundas das sementes de alto vigor.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para os 12 componentes relacionados ao rendimento de grãos de soja provenientes de dois ambientes de cultivo, três níveis de vigor e três sistemas de distribuição de fertilizante.

FV	GL	Quadrados médios											
		IP	AP	NH	NR	HP	CM	NM	N1	N2	N3	N4	RS
Ambiente (A)	1	2039,88*	1073,65*	51073,04*	51073,04*	291,20*	6339,95*	79260649520,00*	4825,10*	31009,69*	36878,31*	79,03*	3896,82*
Vigor (V)	2	909,79*	1095,21*	7596,99*	7596,99*	275,48*	20141,06*	69493764155,00*	0,31	171,11*	565,34*	4,43*	112,31
A x V	2	31,15	89,59	572,30	572,30	38,47*	1543,04*	3728725052,20	100,54*	572,12*	39,95	3,82	389,02*
Sistema (S)	2	70,23*	131,56*	580,30	580,30	27,77*	695,60	948377523,87	28,16	121,65*	285,71*	0,49	456,48*
A x S	2	0,63	141,62*	97,84	97,84	2,00	990,67	106635660,76	35,13	1,79	93,35	4,76*	20,86
V x S	4	59,44*	141,13*	288,76	288,76	3,66	1358,14*	1514331029,90	59,90*	6,85	98,61	2,50	234,43
A x V x S	4	56,14*	150,07*	922,62*	922,62*	17,03*	2411,92*	8215390020,50*	17,04	55,92	22,35	0,99	281,30*
Bloco	3	33,12*	327,72*	569,84*	569,84*	36,54*	2021,47*	7363530901,10	73,60*	183,97*	44,72	4,13*	90,92
Erro	672	13,49	33,55	215,35	215,35	5,7	483,66	2927466536,40	16,9	41,61	59,73	1,45	107,88
CV%		20,05	6,66	32,07	27,05	49,34	57,63	28,45	43,13	21,17	18,54	121,83	13,47

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

**GL-** Graus de liberdade; **FV-** Fonte de Variação; **IP-** Inserção do primeiro Legume; **AP-** Altura da Planta; **NH-** número de legumes na haste principal; **NR-** contribuição do número de legumes nas ramificações; **HP-** número de ramificações na haste principal; **CM-** comprimento médio das ramificações; **NM-** número de plantas por m<sup>2</sup>; **N1-** contribuição do número de legumes com uma semente; **N2-** contribuição do número de legumes com duas sementes; **N3-** contribuição do número de legumes com três sementes; **N4-** contribuição do número de legumes com quatro sementes e **RS-** Rendimento de sementes.

O alto nível de vigor, para Ernestina - RS, resultou no aumento da altura de inserção do primeiro legume para todos os sistemas de distribuição de fertilizante, bem como, o baixo nível de vigor incrementou este caráter no sistema de distribuição

por transbordo (Tabela 2). Em Passo Fundo - RS o alto nível de vigor incrementou a inserção do primeiro legume nos manejos compostos por ausência e distribuição convencional do fertilizante.

Para Ernestina – RS os níveis de vigor alto e médio incrementaram a altura de inserção do primeiro legume independente dos sistemas de distribuição de fertilizante (Tabela2). Carvalho et al. (2010), determinaram que a altura de inserção do primeiro legume não acarreta em perda na produtividade da soja, desde que sua magnitude seja próxima a 10 cm, indicando que os cenários indicam que a soja foi ideal para a colheita mecanizada, e as perdas foram mínimas.

**Tabela 2.** Altura da inserção do primeiro legume (IP) e altura da planta (AP) de plantas de soja, em função dos níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo), dos sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência, convencional e Por transbordo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

IP		Ambientes de cultivo						
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS			Nível de Vigor	
	Nível de Vigor			Nível de Vigor				
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo		
Ausência	23.23 aAα	19.82 aBα	18.88 aBa	19.47 aAβ	17.04 aBβ	14.84 aCβ		
Convencional	23.1 abAα	19.05 abBα	16.33 bBa	18.25 abAβ	14.97 bBβ	15.28 aBα		
Por transbordo	21.51 bAα	17.76 bBα	20.12 aABα	17.51 bAβ	16.3 abABα	15.4 aBβ		
CV%	20,05							
AP		Ambientes de cultivo						
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS			Nível de Vigor	
	Nível de Vigor			Nível de Vigor				
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo		
Ausência	90.98 abAα	89.05 aABα	87.61 aBa	89.41 aAα	84.84 aBβ	83.43 aBβ		
Convencional	93.01 aAα	87.38 aBα	86.41 aBa	89.03 aAβ	84.64 aBβ	82.75 aBβ		
Por transbordo	89.11 bAα	84.14 bBα	86.04 aBa	84.63 bAβ	87.90 bAβ	84.76 aBβ		
CV%	6,66							

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna para os sistemas de distribuição de adubo dentro dos ambientes de cultivo e cada nível de vigor, maiúscula na linha para níveis de vigor dentro dos sistemas de distribuição de adubo em cada ambiente e letra grega na linha para os ambientes de cultivo dentro dos sistemas de distribuição de adubo em cada nível de vigor, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

A menor altura da planta foi obtida no sistema de distribuição de fertilizante convencional, para o nível de vigor baixo, no ambiente de cultivo Passo Fundo - RS (Tabela 2). Para Sedyama et al. (1999), plantas mais altas ou com haste fina tendem ao acamamento, sendo este associado positivamente com a altura das plantas, podendo acarretar em sérios prejuízos à produtividade de sementes da soja (SHERRIE et al., 2011).

Com relação aos níveis de vigor, constatou-se a superioridade para o nível alto de vigor nos três sistemas de distribuição de fertilizante em Ernestina – RS (tabela 2). Resultados similares foram expressos para Passo Fundo – RS quando a soja foi submetida a ausência e o sistema de distribuição de fertilizante convencional. A estatura da soja deve situar-se entre 60 a 90 cm com a finalidade de potencializar a produção de sementes e minimizar as perdas no momento da colheita mecanizada (GARCIA et al.,2007).

Em Ernestina - RS foi constatada a maior altura das plantas para o nível de vigor alto, independente do sistema de distribuição de fertilizante. Segundo Rossi et al. (2018), a qualidade e principalmente o vigor das sementes utilizadas podem determinar o crescimento da soja, bem como, a inserção do primeiro legume. Schuch et al. (2009), definem que a soja oriunda de sementes de alta qualidade fisiológica potencializa a altura, diâmetro da haste e incrementa em 25% o rendimento de grãos quando comparadas com plantas oriundas de sementes de baixa qualidade.

Para os três sistemas de distribuição de fertilizante as sementes de alto vigor potencializaram o número de legumes na haste principal (NH) em Ernestina - RS (Tabela 3). Para Passo Fundo - RS foi evidenciado que as sementes de alto vigor incrementaram o número de legumes na haste principal na ausência e no manejo convencional de fertilizante. Entre ambientes de cultivo os níveis de vigor não se diferenciam nos sistemas de distribuição de fertilizantes quando se refere ao número de legumes na haste principal.

**Tabela 3.** Número de legumes na haste principal (NH), número de legumes nas ramificações (NR), número de ramificações na haste principal (HP) e comprimento médio das ramificações (CM), em função dos níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo) dos sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência, convencional e Por transbordo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

NH			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	42.42 aAβ	38.67 aAβ	37.95 aAβ	67.38 aAα	49.16 bBα	49.96 aBα
Convencional	40.54 aAβ	31.79 bBβ	35.11 abABβ	62.34 abAα	49.63 bBα	47.37 aBα
Por transbordo	44.58 aAβ	33.26 abABβ	31.74 bBβ	57.65 bAα	58.54 aAα	48.66 aBα
CV%				32,07		
NR			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	57.57 aAα	61.32 bAα	62.04 bAα	32.61 bBβ	50.83 aAβ	50.03 aAβ
Convencional	59.45 aBα	68.20 aAα	64.88 abABα	37.656 abBβ	50.36 aAβ	52.62 aAβ
Por transbordo	55.42 aBα	66.73 abAα	68.25 aAα	42.348 aBβ	41.45 bBβ	51.33 aAβ
CV%				27,05		
HP			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	2.52 aBβ	4.78 aAβ	4.1 aAβ	3.74 bBα	6.19 aAα	6.00 aAα
Convencional	3.06 aBβ	5.72 aAα	5.1 aAβ	5.00 aAα	5.75 abABα	6.7 aBα
Por transbordo	2.1 aBβ	5.3 aAα	5.05 aAα	5.08 aAα	5.16 bAα	5.76 aAα
CV%				49,34		
CM			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	20.46 bBβ	38.22 bAα	37.82 bAβ	30.75 aBα	47.33 aAα	49.28 aAα
Convencional	31.84 aBα	49.01 aAβ	36.86 bBβ	29.80 aBα	50.15 aAα	43.94 aAα
Por transbordo	13.32 bBα	42.82 aBα	46.81 aAα	38.99 aBα	35.60 bBα	45.83 aAα
CV%				57,63		

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna para os sistemas de distribuição de adubo dentro dos ambientes de cultivo e cada nível de vigor, maiúscula na linha para níveis de vigor dentro dos sistemas de distribuição de adubo em cada ambiente e letra grega na linha para os ambientes de cultivo dentro dos sistemas de distribuição de adubo em cada nível de vigor, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em Ernestina – RS, o número de legumes nas ramificações (NR) foi incrementado no nível de vigor médio no sistema de distribuição convencional de fertilizante. Para Passo Fundo - RS foi observado que as sementes de médio e baixo vigor incrementaram o NR. Quando utilizadas sementes de baixo nível de vigor, melhores respostas foram expressas para o sistema por transbordo (Tabela 3). Passo Fundo –RS foi superior para este caráter através do sistema de distribuição por transbordo.

As sementes de todos os níveis de vigor para Ernestina – RS, revelaram similaridade perante os sistemas de distribuição de fertilizante frente ao número de legumes por planta. Neste ambiente de cultivo foi possível observar as maiores magnitudes de legumes nas ramificações, independentemente dos sistemas de distribuição de fertilizante e do nível de vigor. Para Passo Fundo – RS, o incremento do número de legumes nas ramificações, foi obtido em plantas oriundas das sementes com alto, médio e baixo vigor, cultivadas nos sistemas de distribuição de fertilizante convencional e por transbordo.

O ambiente de cultivo composto por Passo Fundo - RS demonstrou inferioridade para o número de ramificações na haste principal (HP) para plantas originadas de sementes de alto vigor, independente dos sistemas de distribuição de fertilizante utilizado (Tabela 3). Quanto as sementes de vigor médio, o ambiente Passo Fundo – RS demonstrou similaridade para este caráter perante os sistemas de distribuição de fertilizante. Segundo Peixoto et al. (2008), a soja pode expressar de uma a dez ramificações por planta, pois esta magnitude é decorrente do arranjo espacial de plantas no dossel, população de plantas, competição intraespecífica e características do genótipo utilizado, bem como, fatores edafoclimáticos.

Para o número de ramificações na haste principal (HP) referentes ao ambiente Passo Fundo – RS, o sistema de distribuição convencional do fertilizante resultou em superioridade para os níveis de vigor médio e baixo, enquanto, para o sistema por transbordo, respostas satisfatórias foram obtidas no nível de vigor baixo (tabela 3). Para Martins et al. (1999), a magnitude de ramificações da soja é determinada pela competição intraespecífica, fatores edafoclimáticos, quantidade e qualidade de

radiação solar, arranjo de plantas, época de semeadura e por características do genótipo.

O comprimento das ramificações (CM) foi potencializado em Ernestina – RS quando as plantas foram submetidas ao sistema convencional de distribuição do fertilizante e sementes de alto e médio vigor (Tabela 3). Em relação aos ambientes, Passo Fundo – RS apresentou-se superior quando as sementes eram de baixo vigor e as plantas foram cultivadas no sistema por transbordo.

Os sistemas de distribuição de fertilizante, para ambos os ambientes, revelaram tendências similares quanto ao número de plantas por metro quadrado (NM) para todos os níveis de vigor (Tabela 4). Em Ernestina-RS as sementes de alto vigor incrementaram a magnitude deste caráter mesmo na ausência de fertilizante.

O rendimento de Sementes (RS) revelou tendências similares entre sementes de alto e de médio vigor, independentemente do sistema de distribuição de fertilizante utilizado em Ernestina - RS (Tabela 4). Para Passo Fundo – RS os níveis de vigor expressaram tendência de aumento do RS, sendo tal ocorrência destacada para o sistema de distribuição de fertilizante convencional e ausência, no nível de vigor médio. Pode-se observar que o nível de vigor alto nos sistemas convencional e por transbordo proporcionou incremento absoluto de 10,9 e 5,6% no rendimento de grãos, respectivamente em Ernestina - RS. O sistema de distribuição convencional de fertilizante, em Passo Fundo – RS, no nível de vigor médio, incrementou em termos absolutos em 12,5% o rendimento de grãos quando as sementes eram provindas de baixo vigor.

A utilização de sementes de alta qualidade exerce ação sobre a expressão do potencial produtivo, uma vez que a semente é portadora de atributos genéticos. Seu desempenho pode ser influenciado pelos atributos físicos e fisiológicos. O vigor se relaciona a taxas e uniformidades de germinação, de emergência e de crescimento de plântulas no campo com possibilidades de influenciar também o rendimento de grãos em diversas culturas (ROSSI et al.,2018).

Pesquisas de França Neto (1984), revelaram acréscimos de 20 a 35% no rendimento de grãos ao utilizar sementes de alto vigor. Kolchinski et al. (2005), determinaram que o uso de sementes de alto vigor incrementa em 35% rendimento

da soja, enquanto, para Rossi et al. (2018), lotes de sementes de alto vigor estão intimamente relacionados com altas produtividades nesta mesma cultura. Portanto, consolida-se a importância do vigor das sementes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da soja, sendo imprescindível aos componentes do rendimento e à produtividade de sementes.

**Tabela 4.** Número de plantas por m<sup>2</sup> (NM) e rendimento de sementes (RS), em função dos níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo) dos sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência, convencional e por transbordo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

NM			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	28,28 aAa	19,19 aBa	20,95 aABβ	25,25 aAa	12,87 aBa	10,47 aBa
Convencional	23,73 aAa	23,61 aAa	20,95 aAa	24,11 aAa	13,25 aBβ	9,72 aBβ
Por transbordo	30,93 aAa	16,28 aBa	17,04 aBa	18,30 aAβ	17,04 aAa	10,22 aAa
CV%	28,45					
RS			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	82,1 aAa	81,82 aAa	96,74 aAa	69,01 aAa	68,91 bAa	74,3 aAβ
Convencional	93,33 aAa	83,68 aAa	84,14 aAa	59,83 aBβ	90,76 aAa	72,45 aBα
Por transbordo	84,36 aAa	76,5 aAa	79,83 bAa	62,1 aAβ	61,79 bAβ	69,62 aAa
CV%	13,47					

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna para os sistemas de distribuição de adubo dentro dos ambientes de cultivo e cada nível de vigor, maiúscula na linha para níveis de vigor dentro dos sistemas de distribuição de adubo em cada ambiente e letra grega na linha para os ambientes de cultivo dentro dos sistemas de distribuição de adubo em cada nível de vigor, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ao compararmos os dois ambientes de cultivos, observou-se que no nível de vigor alto, para os sistemas de distribuição de adubo convencional e por transbordo, as maiores magnitudes de rendimento de sementes (RS) são observadas no ambiente de cultivo Ernestina, e para o sistema de distribuição de fertilizante ausência não houve diferença entre os ambientes de cultivo (Tabela 4). Segundo Molin e Mazzotti (2000), se a operação de distribuição do produto na área não for uniforme, de nada

adianta a correta seleção de insumos e fertilizantes, nem estimativas precisas de dosagens, isso só irá comprometer o rendimento e o desperdício de fertilizante.

Resultados da Tabela 5 mostram que, para o ambiente de cultivo Ernestina-RS houve maior contribuição de legumes com uma semente (N1), para os níveis de vigor médio e baixo, mesmo o baixo não tendo diferido do alto, no entanto para o ambiente de cultivo Passo Fundo-RS não houve diferença entre os níveis de vigor. De modo amplo, foi possível constatar que as maiores magnitudes foram encontradas no ambiente de cultivo Passo Fundo-RS, para todos os níveis de vigor.

Não houve diferença de médias quanto a contribuição de legumes com duas sementes (N2), para os níveis de vigor médio e baixo, sendo que o alto apresentou o menor valor, no ambiente Ernestina-RS. Em Passo Fundo-RS, não houve diferença para nenhum dos níveis de vigor (Tabela 5). Ao comparar os dois ambientes de cultivo resultados similares são encontrados para todos níveis de vigor, apresentando as maiores médias o ambiente de cultivo Passo Fundo-RS.

Comparando os níveis de vigor alto, médio e baixo, no ambiente de cultivo Ernestina, não se observou diferença quanto a contribuição de legumes com quatro sementes (N4), já no ambiente de cultivo Passo Fundo-RS, o maior valor foi para o nível de vigor baixo (Tabela 5). O ambiente de cultivo Passo Fundo-RS destacou-se com as maiores médias em todos os níveis de vigor. Kolchinski et al. (2005), ao avaliar o efeito de combinações das sementes de soja de alto e baixo vigor ao longo da linha de semeadura, não encontraram diferenças no número de sementes por vagem, corroborando com os dados encontrados neste estudo.

Para Ernestina - RS houve acréscimo da contribuição dos legumes com um grão (N1) na produtividade, ocorrendo para todos os níveis de vigor, efeitos positivos na produtividade. Para a contribuição dos legumes com dois grãos (N2), houve superioridade para as plantas originadas de sementes de baixo e de médio vigor quando o cultivo foi em Ernestina – RS, em contrapartida, em Passo Fundo - RS não houve diferenças para este caráter.

A contribuição dos legumes contendo quatro grãos (N4) foi superior em plantas do ambiente Passo Fundo – RS ao utilizar sementes de baixo vigor, isto pode estar relacionado a problemas no estabelecimento inicial da soja, resultando em uma

população menor por unidade de área, a menor competição intraespecífica com maiores possibilidades de direcionar assimilados para a formação e enchimento de mais sementes por legume.

**Tabela 5.** Contribuição de legumes com uma semente (N1), duas sementes (N2) e quatro sementes (N4), em função dos níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

N1		Ambientes de cultivo	
Nível de vigor	Ernestina-RS	Passo Fundo-RS	
Alto	6,26 bB		12,99 aA
Médio	7,51 aB		11,65 bA
Baixo	7,05 abB		12,06 abA
CV%		43,13	
N2		Ambientes de cultivo	
Nível de vigor	Ernestina-RS	Passo Fundo-RS	
Alto	21,11 bB		38,12 aA
Médio	25,34 aB		36,61 aA
Baixo	25,25 aB		37,17 aA
CV%		21,17	
N4		Ambientes de cultivo	
Nível de vigor	Ernestina-RS	Passo Fundo-RS	
Alto	0,59 aB		1,11 bA
Médio	0,74 aB		1,29 bA
Baixo	0,64 aB		1,62 aA
CV%		121,83	

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna de cada ambiente de cultivo dentro dos níveis de vigor e, maiúscula na linha para cada nível de vigor dentro dos ambientes de cultivo não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 6 observa-se que os níveis de vigor alto e baixo, não diferiram para nenhum dos sistemas de distribuição de fertilizante quanto a contribuição de legumes com uma semente. No entanto para o nível de vigor médio, o sistema de distribuição de adubo convencional proporcionou maior contribuição de legumes com uma semente (N1). Não se encontrou diferença dos níveis de vigor em nenhum dos sistemas de distribuição de fertilizante, o que pode estar atrelado a maneira com que

a lavoura vem sendo conduzida a anos, que é o sistema de plantio direto consolidado. Os fertilizantes são um dos fatores que apresentam maior custo para o produtor de soja em sistema de plantio direto, chegando a apresentar aproximadamente 22,4% do custo de produção (GUARESCHI et al., 2008), por isso, e outros, é que estes devem ser usados da melhor maneira possível, na dose adequada e bem distribuídos. Ainda segundo Guareschi et al. (2011), em algumas situações, a aplicação de dose baixa dos nutrientes P e K, ou mesmo a ausência destes, prejudica a produção de massa fresca e produtividade da cultura da soja.

**Tabela 6.** Contribuição de legumes com uma semente (N1), em função dos sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência, convencional e Por transbordo) e dos níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo). Pelotas, RS, 2018

N1	Níveis de vigor		
	Sistema	Alto	Médio
Ausente	10.1 aA	9.05 bA	9.57 aA
convencional	9.90 aA	10.89 aA	9.07 aA
Por transbordo	8.9 aA	8.81 bA	10.05 aA
CV%		43,13	

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna de cada nível de vigor dentro dos sistemas de distribuição de adubo e maiúscula na linha, de cada sistema de distribuição de adubo dentro dos níveis de vigor, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

As maiores contribuições dos legumes com três grãos (N3) foram obtidas através de plantas cultivadas com o emprego dos sistemas de distribuição convencional e por transbordo, tanto em Ernestina – RS quanto em Passo Fundo - RS (Tabela 7). Independentemente do nível de vigor das sementes e do sistema de distribuição do fertilizante, as maiores contribuições ao rendimento de grãos da soja, em ambos os ambientes, foram obtidas através dos legumes com duas e três sementes (Tabela 8).

Do ponto de visto técnico, os erros na dosagem de fertilizantes, podem causar os seguintes problemas: a subdosagem resulta em deficiências de elementos químicos e a superdosagem resulta em fitotoxicidade, ambas irão resultar em redução de produtividade. No entanto pode-se dizer que a fertilização é uma das operações

de fundamental importância durante o ciclo da cultura, e possíveis falhas podem trazer perdas significativas (PERCHE FILHO et al., 2012).

**Tabela 7.** Contribuição de legumes com três sementes (N1), em função dos sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência, convencional e por transbordo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

Sistema	Ambientes de cultivo	
	Ernestina-RS	Passo Fundo-RS
Ausente	33,21 bB	49,24 abA
convencional	34,41 abB	47,98 bA
Por transbordo	36,01 aB	50,32 aA
CV%	18,54	

\*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna de cada ambiente de cultivo dentro dos sistemas de distribuição de adubo e maiúscula na linha, de cada sistema de distribuição de adubo dentro dos ambientes de cultivo, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 8, a contribuição de legumes com duas sementes (N2) e três sementes (N3), tiveram comportamento similar, demonstrando que os maiores valores se encontram nos níveis de vigor médio e baixo. É possível observar que a maior contribuição de sementes, para este estudo, foi de legumes com três sementes, independentemente do nível de vigor.

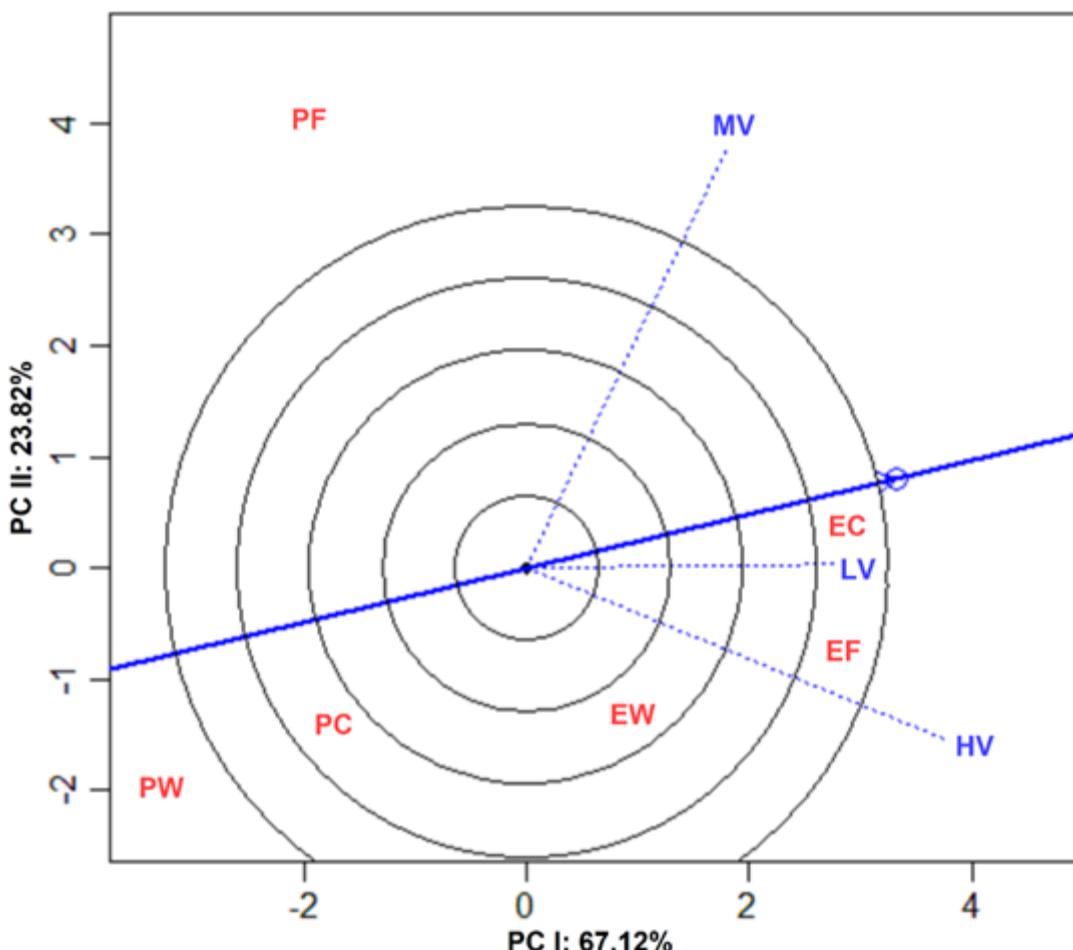
**Tabela 8.** Médias da contribuição de legumes com duas sementes (N2) e três sementes (N3), em função dos níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo). Pelotas, RS, 2018

Níveis de vigor	N2	N3
Alto	29,59 b	40,11 b
Médio	30,87 a	42,72 a
Baixo	30,93 a	42,19 a

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de duncan ( $p < 0,05$ ).

A visualização detalhada da tendência multivariada do rendimento de grãos e os efeitos dos níveis de vigor, ambientes de cultivo e sistema de distribuição de fertilizante (Figura 2) foi possível através do método *Genotype main effects and*

*genotype environment interaction* (GGE). Nestas condições a plotagem biplot revela a tendência média e representa 90,94% da variação total envolvida para a produtividade de sementes da soja.



**Figura 2.** Plotagem dos escores dos componentes principais quanto à classificação dos níveis de vigor alto (HV), médio (MV) e baixo (LV) e dos ambientes de cultivo em função dos sistemas de distribuição de fertilizante. Ernestina-RS/ausência (EW), Ernestina-RS/convencional (EC) e Ernestina-RS/Por transbordo (EF), Passo Fundo-RS/ausência (PW), Passo Fundo-RS/convencional (PC) e Passo Fundo-RS/ Por transbordo (PF), com base em seu desempenho, segundo o modelo GGE Biplot, para a variável rendimento de sementes.

No ponto central localiza-se a origem dos dados. A partir desta, foi possível evidenciar que a maior variação do rendimento de grãos foi decorrente do ambiente Ernestina – RS em plantas cultivadas na ausência de distribuição do fertilizante (EW). No âmbito geral, Ernestina – RS, potencializou o rendimento de grãos. Para Passo

Fundo – RS, ocorreram as médias inferiores, sendo que os menores desempenhos foram obtidos em Passo Fundo – RS nas condições em que houve ausência de fertilizante (PW). O ponto ideal de produção de sementes pode ser obtido através do uso de sementes com alto vigor (HV) e médio vigor (MV), condições similares e satisfatórias, seguido pelos efeitos de Ernestina - RS no sistema convencional e Ernestina – RS no sistema por transbordo (Figura 2)

Os efeitos atribuídos para sementes dos níveis de vigor (Figura 1) evidenciam que o alto (HV) e médio vigor (MV) se caracterizam como de elevado desempenho para a produção de grãos, por estarem distantes do eixo de origem. Uma intima relação foi obtida entre os sistemas de distribuição convencional (EC) e por transbordo (EF), atribuindo-se tendências similares para as plantas produzidas a partir de sementes de baixo vigor.

Diante dos cenários expressos neste estudo constatou-se que sementes de alto vigor em associação ao uso do sistema convencional de distribuição, potencializou o rendimento de grãos, o número de legumes na haste principal, a altura da planta e inserção do primeiro legume. Quando empregadas sementes de médio de vigor em associação ao sistema convencional, ocorreu benefício para o rendimento de grãos, o comprimento e a magnitude de ramificações, bem como, a contribuição dos legumes com um grão contribuindo para o rendimento de grãos.

De modo geral, sementes de baixo vigor, comprometeram a expressão fenotípica da maioria dos caracteres mensurados, principalmente na ausência de fertilizante. Sementes de alto vigor são fundamentais para a obtenção de plantas de alto desempenho, que tem a capacidade de aproveitar melhor os recursos do ambiente e consequentemente produzem mais.

## 2.4 Conclusões

O nível de vigor em associação com os sistemas de distribuição de fertilizante incrementam o rendimento de grãos, altura de inserção do primeiro legume e da planta, número de legumes na haste principal e ramificações, magnitude de ramificações e comprimento da soja.

A influência do vigor em associação com sistemas de distribuição de fertilizante são dependentes da localização do campo de produção, podendo sementes de alto vigor, proporcionar incremento absoluto de 5,6 a 12,5% no rendimento de grãos.

### **3 Capítulo II**

#### **Nível de vigor, distribuição de fertilizante na linha e performance de sementes de soja**

##### **3.1 Introdução**

O primeiro fator a ser considerado, na busca por altas produtividades de grãos, é a utilização de sementes com alta qualidade genética, física, sanitária e fisiológica que revelem conjuntamente elevado potencial fisiológico e vigor, estas condições podem proporcionar que as plantas sobressaírem sob as possíveis condições de estresses (PESKE et al., 2012; SZARESKI et al., 2018). O vigor é fundamental, pois plantas originadas de sementes de alta performance, após a emergência das plântulas as mesmas possuem desempenho de crescimento e de rendimento de grãos (AUMONDE et al., 2017).

No Brasil, o sistema de aplicação de fertilizantes predominante é o convencional, onde se utiliza uma condição representativa da fertilidade do solo homogênea em toda área. O solo é por natureza variável em seus atributos físicos e químicos (BONOTTO, 2012). A busca por lavouras uniformes e pelo desempenho diferencial das plantas está intimamente relacionada ao uso de sementes com alto potencial fisiológico, assim como, sua disposição uniforme na linha de semeadura conjuntamente aos fertilizantes.

O vigor consiste na capacidade de reorganização das estruturas celulares, envolvendo a quebra e a metabolização de reservas, a translocação e utilização de compostos. Como resultante do vigor, ocorre a emergência de plântulas rápida e uniforme e o superior desempenho produtivo em resposta a alta performance das plantas. A alta performance reflete em plantas que ocupam melhor o espaço disponível, exploram melhor os recursos do ambiente e assim tendem a produzir mais comparativamente àquelas originadas de sementes de baixo vigor.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a performance de produção de sementes por plantas de soja, em resposta a associação entre níveis de vigor e distribuição de fertilizante na linha de semeadura.

### **3.2 Material e métodos**

O experimento foi instalado em dois ambientes de cultivo no estado do Rio Grande do Sul na safra agrícola de 2016/2017, sendo, Ernestina - RS, localizada na latitude 28°29'56"S e longitude 52°34'24"O com altitude de 493 m e Passo Fundo - RS nas coordenadas latitude 28°15'46"S e longitude 52°24'24"O com altitude de 687 m. Ambos os solos são classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico (STRECK et al., 2008), e o clima foi classificado como Köppen como subtropical úmido tipo Cfa.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso organizado em esquema fatorial, sendo dois ambientes de cultivo (Passo Fundo - RS e Ernestina - RS) x três níveis de vigor (alto = 90%; médio = 70% e baixo = 60%) x três sistemas de distribuição de fertilizante (ausência de distribuição do fertilizante; distribuição convencional e distribuição por transbordo), sendo os tratamentos dispostos em quatro repetições. Para este estudo utilizou-se a cultivar DM 5958 RSF IPRO®, da categoria certificada de primeira geração (C1), pertencente ao grupo de maturação 5.8 e hábito de crescimento indeterminado. As sementes dos diferentes níveis de vigor apresentaram germinação similar de 95%.

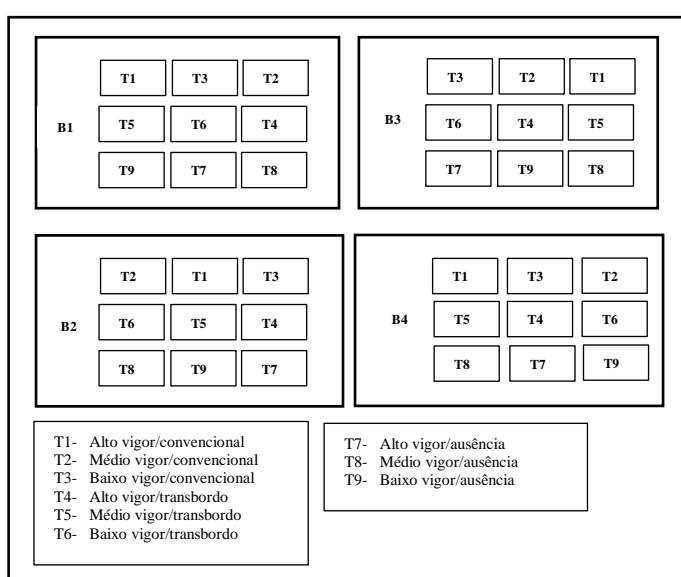
Para a distinção dos níveis de vigor as sementes foram estratificadas em lotes com diferentes pelo método de envelhecimento acelerado (AOSA, 2009). Para isto as sementes foram distribuídas em camadas únicas de aproximadamente 250 gramas e dispostas sobre uma tela de alumínio fixada no interior de um recipiente plástico. Em cada recipiente foram adicionados 240 mL de água destilada e alocados em câmara de envelhecimento ajustada para 41 °C. Após 48, 84 e 96 horas de exposição às sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009).

A semeadura foi realizada na primeira quinzena do mês de novembro de 2016, sendo o solo corrigido para fertilidade e acidez com base na análise prévia seguindo

instruções do manual de fertilização e calagem (CQFS, 2016). Utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante N.P.K na formulação 02-20-20 de maneira padrão para todos os tratamentos, exceto na ausência de fertilizantes.

A densidade de semeadura foi padronizada para ambos os ambientes sendo de 30 sementes m<sup>-2</sup>. As unidades experimentais foram compostas por cinco linhas de semeadura e cinco metros de comprimento, espaçadas por 0,45 metros, totalizando 11,25 m<sup>2</sup>. O controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças foram realizados preventivamente para minimizar os efeitos bióticos no resultado do experimento.

Foram utilizados três sistemas de distribuição de fertilizante na semeadora: a) ausência de fertilização; b) dosador convencional: composto por rosca sem-fim com saída inferior por gravidade através de um tubo condutor até o sulco no solo; c) sistema por transbordo (não convencional): composto por rosca sem-fim com saída por transbordo onde o fertilizante é acionado pelo impulsionador (sem-fim) e conduzido até uma câmara de represamento, após ocorre o transbordo em quantidades volumétricas uniformes e homogêneas através do regulador de nível para o bocal de descarga direcionado ao solo.



**Figura 1.** Croqui da área experimental, reproduzida nos ambientes de cultivo Ernestina – RS e Passo Fundo – RS, onde B1 se refere ao bloco 1, B2 ao bloco 2, B3 ao bloco 3 e B4 ao bloco 4, contendo nove parcelas em cada bloco.

Para as avaliações dos caracteres de interesse foram colhidas 3,96 m<sup>2</sup> correspondendo à área útil de cada unidade experimental. Os caracteres foram mensurados através da homogeneização das sementes oriundas das plantas da área útil de cada unidade experimental, sendo as sementes colhidas com umidade de 18%, e após a debulha manual, foram secas em estufa com ventilação forçada até 12% de umidade e submetidas as seguintes avaliações:

**Massa de mil sementes (MMS):** determinada pela massa de oito repetições com 100 sementes de cada unidade experimental. Posteriormente, os resultados foram expressos em gramas (BRASIL, 2009).

**Germinação (G):** baseado em quatro repetições de 50 sementes de cada unidade experimental, semeadas em papel *gerTM/est* previamente umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco, e alocados em germinador com temperatura de 25 °C. As avaliações foram realizadas no oitavo dia após a instalação dos testes, sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

**Envelhecimento acelerado (EA):** baseado na metodologia da AOSA (2009), onde utilizou-se 200 sementes para cada unidade experimental que foram distribuídas em camada única sobre uma tela de alumínio fixada no interior do recipiente gerbox, assim adicionou-se 40 mL de água destilada e temperatura de 41 °C, por 48 horas. Após o período de exposição, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, seguindo as recomendações das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram apresentados em porcentagem.

**Condutividade elétrica (CE):** foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes, embebidas em 75 ml de água deionizada, durante 24 horas, a 25 °C, após procedeu-se as leituras. Os resultados foram descritos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente. (AOSA, 1983).

**Viabilidade (VI) e vigor (VG):** cem sementes de cada unidade experimental foram separadas em duas repetições de 50 sementes AOSA (2009). Estas foram embaladas em papel de germinação umedecido e mantidas nestas condições por 16 horas a 25 °C. Decorrido este período, as sementes foram alocadas em recipientes com solução de tetrazólio a 0,075 %, após estas sementes foram direcionadas ao

germinador de 35 °C a 40 °C por aproximadamente 180 minutos. Ao visualizar-se a coloração ideal as sementes foram lavadas, cortadas e classificadas com o número de sementes potencialmente germináveis sendo França Neto et. al, (1998), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Comprimento da parte aérea (**CPA**) e da raiz (**CR**): foram dispostas as sementes longitudinalmente no terço superior do papel já umedecido, onde vinte sementes germinaram uniformemente a temperatura de 25 °C. No oitavo dia após o início dos testes avaliou-se as plântulas. Resultados expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

Massa seca da parte aérea (**MSPA**) e raiz (**MSR**): dez plântulas foram alocadas em sacos de papel em estufa a 105 °C durante 24 horas. Após mensurou-se a massa. Os resultados foram expressos em gramas (NAKAGAWA, 1999).

Emergência a campo (**EC**): foram semeadas em canteiros com tratamentos dispostos em quatro repetições, onde cada unidade experimental foi composta por 50 sementes, a mensuração foi procedida aos 14 dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em percentagem (BRASIL, 2009).

Os dados foram submetidos ao diagnóstico de normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, após procedeu-se a análise de variância a 5% de probabilidade com intuito de verificar a presença de interação entre os ambientes de cultivo x níveis de vigor x sistemas de distribuição de fertilizante, quando significativa desmembrou-se aos efeitos simples, em contrapartida, na ausência desmembrou-se as fontes de variação em efeitos principais. Todos os caracteres mensurados foram submetidos à análise da dissimilaridade genética através do algorítmico de *Mahalanobis*, onde ponderou-se os valores observados de cada unidade experimental, pela matriz das variâncias residuais. Estas estimativas foram empregadas na confecção da análise dos componentes principais, onde considerou-se os eixos das abcissas de “X” e “Y” como independentes, e plotou-se os escores para os efeitos de tratamento orientados pela origem dos eixos, identificou-se os caracteres mensurados na forma Biplot.

### 3.3 Resultados e discussão

A análise de variância revelou significância a 5% de probabilidade para a interação entre os ambientes de cultivo x níveis de vigor x sistemas de distribuição de fertilizante (Tabela 1) através dos caracteres massa de mil sementes (MMS), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR) e emergência a campo (EC). Interação significativa foi evidenciada entre os níveis de vigor x sistemas de distribuição de fertilizante para a massa seca da parte aérea (MSPA).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para os 11 componentes relacionados a qualidade das sementes de soja provenientes de dois ambientes de cultivo, três níveis de vigor e três sistemas de distribuição de fertilizante.

FV	GL	Quadrados médios										
		MMS	G	EA	CE	Via	Vig	MSPA	MSR	CPA	CR	EC
Ambiente (A)	1	32,01*	126.61*	366.99*	1106.30*	1843.54*	7152.75*	0.08*	0.00*	132.78*	1.45	1035.84
Vigor (V)	2	9,6*	185.99*	123.16	192.97	97.01	200.19	0.02*	0.00	5.73	1.42	490.96
A X V	2	3,53*	161.04*	122.66	85.87	134.15	202.41	0.00	0.00	1.72	16.51*	1600.74*
Sistema (S)	2	1,61*	248.82*	119.64	33.66	120.49	95.92	0.03*	0.00	5.09	2.21	187.67
A X S	2	0,11	156.93*	106.12	0.56	64.24	114.30	0.01	0,0*	11.96*	8.12	1626.90*
V X S	4	8,04*	10.76	115.34*	29.37	32.40	73.42	0.02*	0.00	4.76	1.75	3387.38*
A X V X S	4	6,76*	184.60*	240.31*	40.75	27.49	72.58	0.00	0.00	10.49*	14.21*	1707.06*
Bloco	7	0.04	16.32	74.53	0,00	0,00	0,00	0.00	0.00	0.26	0.66	279.24
Erro		0.33	43.92	47.84	72.85	68.79	111.64	0.00	0.00	2.61	3.23	481.91
CV%		3,64	7.02	7.60	18.69	9.73	16.06	8.29	21.53	13.49	11.47	38.00

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

**FV**- Fonte de Variação; **GL**- Graus de Liberdade; **MMS**-Massa de mil sementes; **G**- Germinação; **EA**-Envelhecimento acelerado; **CE**-Condutividade elétrica; **Via**-Viabilidade; **Vig**- Vigor; **MSPA**- Massa seca da parte aérea; **MSR**- Massa seca da raiz; **CPA**- Comprimento da parte aérea; **CR**-Comprimento da raiz; **EC**-Emergência a campo.

**Tabela 2.** Massa de mil sementes (MMS), germinação (G) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de soja, em função da associação de níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo), sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência de fertilizante, convencional e por transbordo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

MMS			Ambientes de cultivo					
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS				
	Nível de Vigor			Nível de Vigor				
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo		
Ausência	15,83 aAβ <sup>1</sup>	15,02 bBβ	15,79 aAα	16,45 bAα	15,85 bBa	15,67 bBα		
Convencional	16,03 aAβ	15,60 aBβ	15,40 bBβ	16,95 aAα	15,99 bBa	15,68 bCα		
Por transbordo	16,00 aAα	15,57 aBβ	15,48 bBβ	15,50 cCβ	16,73aAα	16,17 aBα		
CV%	3,64							
G			Ambientes de cultivo					
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS				
	Nível de Vigor			Nível de Vigor				
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo		
Ausência	98,0 aAα	97,0 aAα	97,0 aAα	96,0 aAα	95,0 aAα	91,0 aAβ		
Convencional	97,0 aAα	93,0 aAα	90,0 bAα	96,0 aAα	94,0 aAα	95,0 aAα		
Por transbordo	93,0 aBα	91,0 aBα	97,0 aAα	94,0 aAα	94,0 aAα	87,0 bBβ		
CV%	7,02							
EA			Ambientes de cultivo					
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS				
	Nível de Vigor			Nível de Vigor				
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo		
Ausência	94,0 aAα	88,0 bBβ	93,0 aAα	93,0 aAα	94,0 aAα	89,0 aBα		
Convencional	89,0 bBα	94,0 aAα	83,0 bCβ	93,0 aAα	94,0 aAα	92,0 aAα		
Por transbordo	89,0 bAα	85,0 bAβ	90,0 aAα	89,0 aBα	94,0 aAα	89,0 aBα		
CV%	7,60							

CV- Coeficiente de variação.

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna para os sistemas de distribuição de fertilizante dentro dos ambientes de cultivo e cada nível de vigor, maiúscula na linha para níveis de vigor dentro dos sistemas de distribuição de fertilizante em cada ambiente e letra grega na linha para os ambientes de cultivo dentro dos sistemas de distribuição de fertilizante em cada nível de vigor, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em Ernestina – RS, a massa de mil sementes (MMS) não diferiu para plantas oriundas de sementes de alto vigor, contudo, sementes com médio vigor tendem a reduzir a massa de mil grãos na ausência de fertilização. Os sistemas convencional e de transbordo revelaram superioridade para a massa de mil quando as plantas foram

originadas de sementes com alto vigor (Tabela 2). Isso evidencia que plantas originadas de sementes de alto vigor foram capazes de aproveitar melhor o fertilizante disposto na linha de semeadura, resultando em plantas com estabelecimento mais apropriado com maior capacidade de alocação de massa em sementes da próxima geração.

Em Passo Fundo – RS a massa de mil sementes (MMS) foi superior quando a soja foi produzida a partir de sementes de alto vigor em associação ao sistema de distribuição convencional. Para os níveis de vigor médio e baixo a superioridade para MMS foi observada quando foi adotado o uso do sistema por transbordo. Na ausência de fertilização a superioridade para MMS foi verificada quando a semeadura foi realizada com sementes de alto vigor (Tabela 2). Segundo Peske et al. (2012), O vigor tende a se manifestar de forma mais marcante em condição desfavorável de ambiente, devido a menor capacidade de resposta fisiológica de sementes de baixo vigor.

Entre os ambientes de cultivo, observou-se que no ambiente Passo Fundo RS, a massa de mil (MMS) foi superior em plantas originadas por sementes de alto vigor quando na ausência da fertilização e no sistema convencional. No sistema de transbordo, o alto vigor revelou superioridade para Ernestina – RS, enquanto, para o médio vigor foi evidenciado a superioridade em Passo Fundo – RS independente do sistema de distribuição de fertilizante. Segundo pesquisas de Schuch et al. (2009), plantas oriundas de sementes com alto potencial fisiológico podem não diferenciar quanto a massa de mil sementes.

Em Ernestina – RS, a germinação (G) não evidenciou variação entre os níveis de vigor e sistemas de distribuição de fertilizante utilizado, nos sistemas de distribuição com ausência e convencional nos três níveis de vigor testados (Tabela 2). Em Passo Fundo – RS a germinação (G), mostrou resposta similar para vigor alto e médio, contudo, quando se considera o baixo vigor verifica-se que houve incremento neste atributo da qualidade quando se adotou o sistema de distribuição convencional ou ausência. A germinação é menos influenciada pelo ambiente de cultivo, comparativamente ao vigor. Durante a perda de qualidade ou deterioração o vigor é

perdido mais precocemente devido sua maior sensibilidade comparativamente a germinação.

Em Ernestina – RS, o envelhecimento acelerado (EA) demonstrou que o nível de vigor médio incrementou o caráter através do sistema convencional. Houve variabilidade entre os três níveis de vigor sendo específica a resposta do sistema convencional para reduzir este caráter através das sementes de vigor baixo (Tabela 2). Em Passo Fundo – RS, não houve diferença entre os níveis de vigor e os sistemas de distribuição de fertilizante para vigor aferido através do envelhecimento acelerado. Pesquisa de Rossi et al. (2018), define que o teste de envelhecimento acelerado não indicou efeitos no vigor de sementes de soja produzidas. Observou-se diferença entre os ambientes de cultivo para o vigor das sementes produzidas, o nível de vigor baixo teve o menor valor no teste de envelhecimento acelerado, para o sistema convencional. De forma geral superioridade do vigor através do teste de envelhecimento acelerado foi obtida para Passo Fundo – RS.

Para o ambiente Ernestina – RS, o comprimento da parte aérea (CPA) não variou em função dos níveis de vigor médio e baixo perante os sistemas de distribuição de fertilizantes. (Tabela 3). Em Passo Fundo – RS, as plantas oriundas das sementes com nível de vigor médio independente dos sistemas de distribuição de fertilizante apresentam similaridade para o teste de comprimento da parte aérea (CPA). De modo geral, superioridade foi obtida quando as sementes foram produzidas em Passo Fundo – RS (Tabela 3). Pesquisas de Henning et al. (2010) e Vanzolini et al. (2002), evidenciam que sementes de alto vigor resultaram em plântulas com maior comprimento de plântulas em relação aos lotes com baixo vigor.

Para Ernestina – RS o comprimento da raiz em plântulas do nível alto de vigor demonstrou variação apenas para a distribuição de fertilizante por transbordo, sendo este inferior ao sistema convencional. Na ausência de distribuição de fertilizante não houve diferença entre os níveis de vigor alto e baixo por meio deste teste de vigor.

Em Passo Fundo – RS, o comprimento da raiz (CR) não diferenciou para o nível ao considerar o nível médio de vigor, independentemente do sistema de distribuição de fertilizante. A ausência de fertilizante em associação à sementes de baixo vigor evidencia a redução do comprimento da raiz das plântulas de soja (Tabela 3). Entre

os ambientes de cultivo a ausência de distribuição do fertilizante e os níveis de vigor alto e médio não revelaram variabilidade para o comprimento da raíz, mas o nível de vigor baixo minimizou o comprimento da raíz das plântulas oriundas de sementes produzidas em Passo Fundo - RS.

Pesquisas de Vanzolini e Carvalho (2002) verificaram que as sementes mais vigorosas são aquelas que evidenciam maior comprimento da raiz primária, bem como, comprimento total das plântulas. É interessante salientar que o vigor é resultante de um conjunto de atributos citológicos e fisiológicos envolvidos na alta performance da semente, sendo assim, o maior comprimento de plântulas pode evidenciar maior vigor desde que acompanhado do alto desempenho da organização de membranas celulares, metabolização de reservas e formação de matéria seca.

Em Ernestina-RS, a emergência a campo (EC) diferenciou para sementes produzidas sob sistemas de distribuição de fertilizantes e níveis de vigor. Nos níveis de vigor alto e baixo, a magnitude de plântulas emergidas a campo foi superior ao sistema convencional, em contrapartida, o sistema de transbordo evidenciou melhores respostas ao considerar as sementes de médio vigor (Tabela 3).

Para Passo Fundo – RS, a emergência a campo (EC) não variou em função do alto vigor perante os sistemas de distribuição de fertilizantes. Entre os ambientes de cultivo a emergência a campo (EC), evidenciou que o sistema de distribuição convencional de fertilizantes não diferiu para os níveis de vigor testados. O sistema de distribuição por transbordo foi semelhante quando as sementes utilizadas são de baixo vigor, sendo as sementes produzidas em Ernestina - RS consideradas de menor vigor (Tabela 3).

Estudos de Tekrony et al. (1987), definiram a existência de relação entre a emergência de plântulas em campo com o vigor das sementes, impulsionando o crescimento e o desenvolvimento inicial e da planta, bem como, resultando em efeitos positivos na produtividade de grãos (TEKRONY & EGLI, 1991).

**Tabela 3.**Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR) e emergência a campo (EC) de sementes de soja, em função da associação de níveis de vigor das sementes (alto, médio e baixo), sistemas de distribuição de fertilizante (Ausência de fertilizante, convencional e por transbordo) e ambientes de cultivo (Ernestina-RS e Passo Fundo-RS)

CPA			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	<sup>1</sup> 12,14 aAα	11,55 aAα	11,43 aAα	13,28 aAα	12,20 aAα	12,24 bAα
Convencional	12,14 aAα	10,79 aAβ	11,18 aAβ	11,40 bBα	13,11 aAα	13,89 aAα
Por transbordo	10,47 bAβ	9,86 aAβ	10,82 aAβ	13,76 aAα	12,30 aBα	12,63 bBα
CV%	13,49					
CR			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	16,44 aABα	15,33 aBα	17,11 aAα	15,17 abABα	16,42 aAα	14,48 bBβ
Convencional	16,05 aAα	15,38 aAα	15,39 bAα	14,59 bBα	16,27 aAα	16,18 aAα
Por transbordo	14,51 bBβ	14,84 aBα	16,52 abAα	16,39 aAα	15,39 aAα	15,17 abAα
CV%	11,47					
EC			Ambientes de cultivo			
Sistema	Ernestina-RS			Passo Fundo-RS		
	Nível de Vigor			Nível de Vigor		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Ausência	50 bAα	58 abAα	55 aAβ	60 aABα	57 bBα	75 aAα
Convencional	68 aAα	51 bBα	61 aABα	63 aAα	52 abABα	48 bBα
Por transbordo	57 abAα	70 aAα	30 bBβ	44 aBα	74 aAα	64 abABα
CV%	38,00					

CV- Coeficiente de variação.

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna para os sistemas de distribuição de fertilizante dentro dos ambientes de cultivo e cada nível de vigor, maiúscula na linha para níveis de vigor dentro dos sistemas de distribuição de fertilizante em cada ambiente e letra grega na linha para os ambientes de cultivo dentro dos sistemas de distribuição de fertilizante em cada nível de vigor, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ao observar o desempenho multivariado (Figura 2), evidencia-se que o envelhecimento acelerado (EA), a emergência a campo (EC), a massa de mil sementes (MMS), o comprimento da parte aérea (CPA), a germinação (G) e comprimento da raiz (CR) estão relacionados com os ambientes de produção das

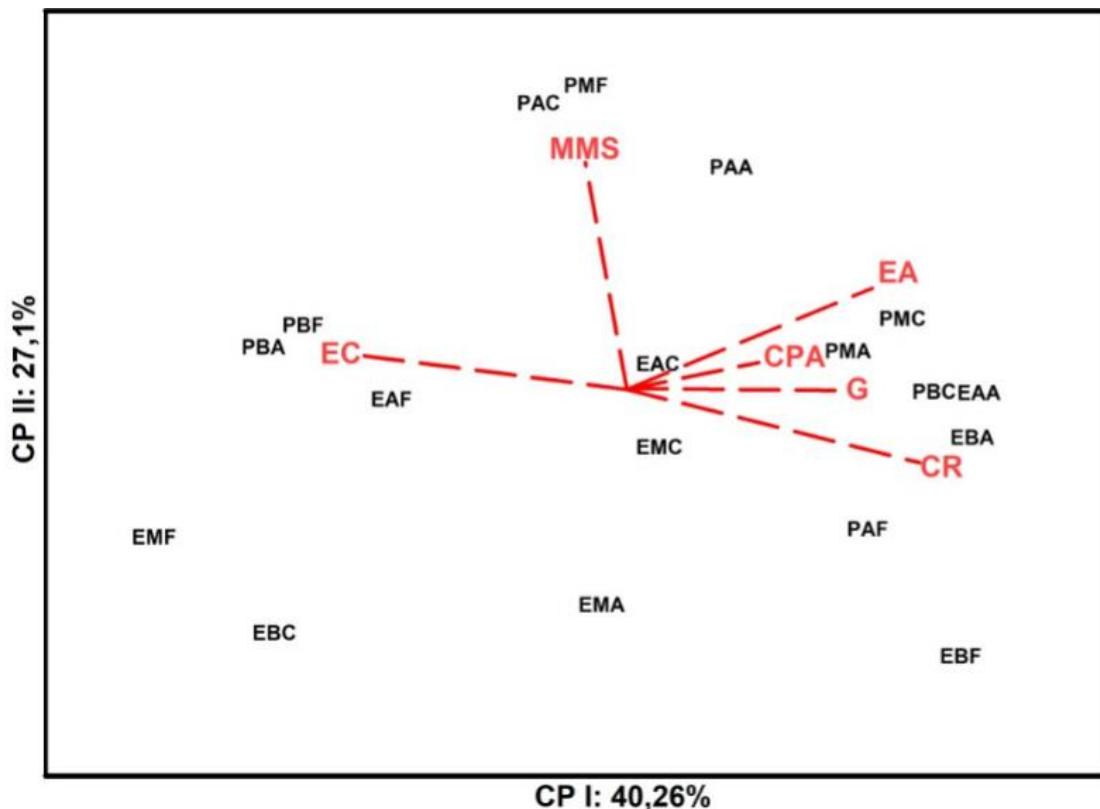
sementes e os níveis de vigor adotados para formar o campo de produção. Desta forma, esta abordagem biométrica por componentes principais representa 67,36% da variação total deste estudo.

No contexto do desempenho multivariado, a emergência a campo apresenta afinidade com Passo Fundo – RS no nível de baixo de vigor e ausência de fertilizante (PBA). Passo Fundo – RS, afinidade é observada no nível de vigor baixo e para o sistema por transbordo (PBF) e, para Ernestina – RS no nível de alto de vigor e sistema por transbordo (EAF).

A massa de mil sementes (MMS) apresenta afinidade com Passo Fundo – RS ao considerar o nível alto de vigor e o sistema de distribuição de fertilizante convencional (PAC), enquanto, para Passo Fundo – RS no nível de vigor médio e sistema por transbordo (PMF).

Ao considerar, o envelhecimento acelerado (EA) observa-se afinidade com Passo Fundo – RS no nível médio de vigor e o sistema convencional (PMC). O comprimento da parte aérea (CPA) evidencia afinidade com Passo Fundo – RS no nível médio de vigor e para o sistema ausência (PMA). Observou-se também que a germinação (G) possui afinidade pelo ambiente de Passo Fundo – RS ao avaliar a influência do baixo vigor e do sistema convencional (PBC), enquanto, para Ernestina – RS similar no alto vigor e sistema ausência (EAA). O comprimento da raiz (CR) tem afinidade com Ernestina – RS em sementes de baixo vigor e para ausência de fertilizante (EBA), assim, para Passo Fundo – RS no nível alto de vigor e para o sistema por transbordo (PAF).

Nestas condições, a adequada escolha do ambiente de produção, do sistema de distribuição de fertilizante e do nível de vigor das sementes pode potencializar os atributos fisiológicos da qualidade fisiológica de sementes de soja. O emprego de boas práticas de produção em associação ao adequado manejo e a qualidade superior das sementes utilizadas na semeadura favorece o desempenho da planta no ambiente de cultivo, assim, torna possível a obtenção do maior rendimento do campo de produção.



**Figura 2.** Plotagem dos escores dos componentes principais, Massa de mil sementes (**MMS**), Envelhecimento acelerado (**EA**), Emergência a campo (**EC**), Comprimento da parte aérea (**CPA**), Germinação (**G**), Comprimento da raíz (**CR**), **PMF** (Passo Fundo, vigor médio, por transbordo), **PAC** (Passo Fundo, vigor alto, convencional), **PAA** (Passo Fundo, vigor Alto, ausência), **PBF** (Passo Fundo, vigor baixo, por transbordo), **PBA** (Passo Fundo, vigor baixo, ausência), **PMC** (Passo Fundo, vigor médio, convencional), **PMA** (Passo Fundo, vigor médio, ausência), **PBC** (Passo Fundo, vigor baixo, convencional), **PAF** (Passo Fundo, vigor alto, por transbordo), **EAC** (Ernestina, vigor alto, convencional), **EAF** (Ernestina, alto vigor, por transbordo), **EMC** (Ernestina, vigor médio, convencional), **EMF** (Ernestina, vigor médio, por transbordo), **EBC** (Ernestina, vigor baixo, convencional), **EMA** (Ernestina, vigor médio, ausência), **EBF** (Ernestina vigor baixo, por transbordo), através do gráfico Biplot.

### 3.4 Conclusões

A qualidade fisiológica de sementes de soja é afetada pelo ambiente de cultivo, nível de vigor e influenciada pelo sistema de distribuição de fertilizante.

O ambiente composto por Passo Fundo – RS, demonstrou superioridade para a produção de sementes de maior vigor, tanto ao utilizar o sistema de distribuição de fertilizante convencional como por transbordo.

## **4 Capítulo III**

### **Inter-relações entre atributos climatológicos, da qualidade fisiológica e dos componentes do rendimento em soja**

#### **4.1 Introdução**

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja com produção de 119.2 milhões de toneladas, na safra 2017/2018. Em nível Nacional, o Estado do Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja, ficando atrás apenas dos estados do Mato Grosso e Paraná. A safra 2017/2018 apresentou a produção de 17.1 milhões de toneladas, com produtividade média de  $3013 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo 11% inferior à média Nacional (CONAB, 2018).

Entre os elementos climáticos com ação no desenvolvimento da soja estão o fotoperíodo, a temperatura e a radiação solar, assim como, a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica (MOTTA et al., 2000).

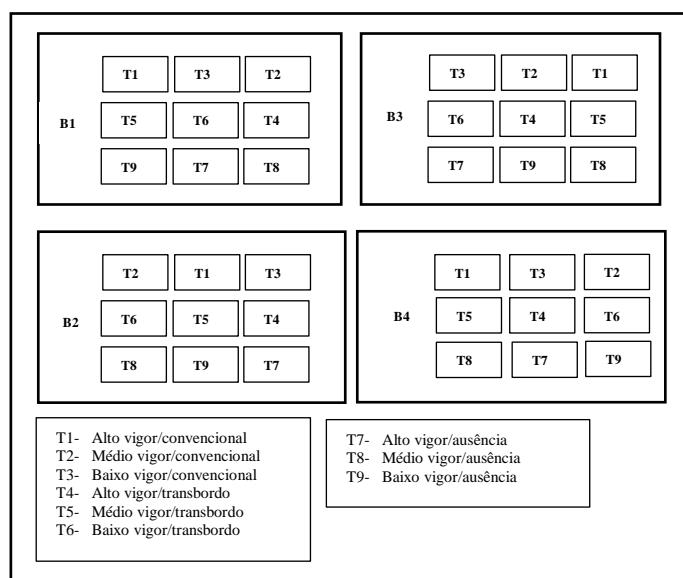
A germinação é definida como o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis (MARCOS FILHO, 2015). O vigor diz respeito àquelas propriedades que determinam o potencial para a rápida e uniforme emergência no campo, bem como, o desenvolvimento de plântulas normais, sob condições ambientais adversas de ambiente de produção (KRZYZANOWSKI et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2009). O vigor reflete também na habilidade competitiva e no crescimento da planta, assim, no rendimento de grãos.

As análises de predição podem ser utilizadas na seleção de atributos determinantes, relacionados com a qualidade e o rendimento das sementes. Neste sentido, o trabalho teve por objetivo avaliar as inter-relações entre alguns fatores climatológicos, com o vigor das sementes e os componentes do rendimento de sementes de soja produzidas no norte do Rio Grande do Sul.

## 4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em Passo Fundo - RS, localizado nas coordenadas 28°15'46"S e 52°24'24"O, com altitude de 687 metros. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (STRECK et al., 2008) e clima subtropical úmido tipo Cfa, de acordo com Köppen.

Para este estudo utilizou-se a cultivar DM 5958RSF IPRO® pertencente ao grupo de maturação 5.8 e hábito de crescimento indeterminado. Antes da semeadura as sementes foram estratificadas em lotes com diferentes níveis de vigor, para tal procedimento foi utilizado o método de envelhecimento acelerado, de modo que as sementes foram distribuídas em camadas únicas de aproximadamente 250 gramas e dispostas sobre uma tela de alumínio fixada no interior de um recipiente plástico. Cujo recipiente foi adicionado 240 mL de água destilada e alocados em câmara de envelhecimento ajustada para 41 °C durante 48, 84 e 96 horas (AOSA, 1983). Posteriormente às sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009), sendo este o critério estabelecido para definir os níveis de vigor em 90% (alto), 70% (médio) e 60% (baixo).



**Figura 1.** Croqui da área experimental, onde B1 se refere ao bloco 1, B2 ao bloco 2, B3 ao bloco 3 e B4 ao bloco 4, contendo nove parcelas em cada bloco.

A correção da fertilidade e acidez do solo foi realizada com base na análise prévia seguindo instruções do manual de adubação e calagem (CQFS, 2016). Utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante N.P.K na formulação 02-20-20 na base com semeadura na primeira quinzena do mês de novembro de 2016. Foi utilizado a densidade de semeadura de 30 sementes m<sup>-2</sup>. As unidades experimentais (Figura 1) foram compostas por cinco linhas de semeadura com cinco metros de comprimento, espaçadas 0,45 metros, totalizando 11,25 m<sup>2</sup>. O controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças foram realizados preventivamente para minimizar os efeitos bióticos no resultado do experimento.

Para a avaliação dos componentes do rendimento foram coletadas 10 plantas da área útil de cada unidade experimental, avaliadas individualmente no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) do departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da UFPel, em Pelotas-RS. Obtiveram-se dados de inserção do primeiro legume (IP), altura da planta (AP), contagem de número de legumes na haste principal (NLHP), contribuição do número de legumes nas ramificações (NLR), contagem do número de ramificações na haste principal (NRHP), contribuição do número de legumes com uma semente (N1), duas sementes (N2) três sementes (N3) e quatro sementes (N4). Rendimento de sementes (RS), conforme metodologia de Szareski et al. (2015).

Para os testes de qualidade fisiológica das sementes foram colhidas a área útil de cada unidade experimental. As sementes apresentaram em torno de 18% de umidade no momento da colheita, e posteriormente foram secas em estufa com ventilação forçada até atingir 12% de umidade. Os caracteres foram mensurados através da homogeneização das sementes oriundas das plantas da área útil de cada unidade experimental, sendo estes: Massa de mil sementes (MMS), Germinação (G) e Emergência a Campo (EC) conforme metodologia de Brasil(2009).Envelhecimento acelerado (EA): Baseado nas metodologias da AOSA (1983) e Marcos Filho (1999). Condutividade elétrica (CE), viabilidade (VIA) e vigor (VI) conforme metodologia da AOSA (1983). Comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de acordo com a metodologia de Nakagawan (1999).

Os dados meteorológicos foram adquiridos com a Embrapa, Estação: 83914, Passo Fundo. As variáveis meteorológicas: TM (temperatura máxima), TMI (temperatura mínima), TME (temperatura média), UR (umidade relativa do ar), TS5 (temperatura do solo a cinco centímetros), TS10 (temperatura do solo a dez centímetros, RAD (radiação solar) e PRE (precipitação pluviométrica), compreendem ao período em que a soja esteve a campo (de 02/11/2016 a 20/03/2017). Após verificar o gráfico com os dados diários, foi efetuada a média de cada variável.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, posteriormente foram submetidos à análise de correlação canônica. Para o estabelecimento dos grupos canônicos os caracteres foram separados em fisiológicos (grupo I) e morfológicos e componentes do rendimento (Grupo II). O Grupo I de caracteres está composto por caracteres fisiológicos, emergência a campo (EC), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), teste de tetrazólio (VI) e massa seca da parte aérea (MSPA). O Grupo II é composto por componentes do rendimento, ou seja, Inserção do primeiro legume (IP); altura da planta (AP); número de legumes na haste principal (NLHP); número de legumes nas ramificações (NLR); número de ramificações na haste principal (NLHP); número de legumes com uma semente (N1); número de legumes com duas sementes (N2); número de legumes com três sementes (N3); número de legumes com quatro sementes (N4); massa de mil sementes (MMS) e rendimento de sementes (RS). De acordo com os procedimentos descritos por Cruz et al. (2012).

Com a finalidade de compreender as associações lineares entre os caracteres e confeccionar um diagrama causal, determinou-se as correlações lineares, onde o nível de significância dos coeficientes foi obtido pelo teste t a 5% de probabilidade (RAMALHO, 2012). Onde os círculos em vermelho influenciaram de maneira negativa e os círculos azuis de maneira positiva. Posteriormente, desenvolveu-se um modelo preditivo baseado na regressão múltipla de Stepwise considerando o modelo estatístico:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \cdots + \beta_p X_{ip} + e_i$$

Onde:

$i : 1, \dots, n$

$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}$  : são valores das variáveis constantes.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  : coeficientes de regressão.

$e_i$  : erros, aleatórios e independentes.

#### 4.3 Resultados e discussões

As estimativas dos coeficientes de correlação dos pares canônicos entre os caracteres morfológicos (Grupo I) e os caracteres vinculados aos componentes de rendimento da soja (Grupo II), revelam significância através de três pares canônicos (vigor alto, médio e baixo). A significância é ao nível de 1% de probabilidade ( $p<0,01$ ) através do teste de qui-quadrado, onde as magnitudes elevadas dos coeficientes de correlação evidenciam a dependência entre os grupos de caracteres (Tabela 1).

O 1º par canônico (vigor alto) teve coeficiente de correlação de  $r=0,94$  entre grupos (Tabela 1), revelando que quanto maiores os valores dos caracteres massa de mil sementes (MMS), número de legumes com uma, duas e três sementes (N1, N2, N3), e número de legumes na haste principal (NLHP) (Grupo II), potencializa-se a emergência a campo (EC), o envelhecimento acelerado (EA), a viabilidade (VIA) e a massa seca da parte aérea (MSPA) (Grupo I).

O 2º par canônico (vigor médio) apresentou coeficiente de correlação  $r=0,96$  entre grupos (Tabela 1), demonstrando que quanto maior o número de legumes na haste principal (NLHP), número de ramificações na haste principal (NRHP), número de legumes com uma, duas e três sementes (N1, N2, N3) e massa de mil sementes (MMS) (grupo II), potencializam-se a emergência a campo (EC); viabilidade (VIA) e massa seca da parte aérea (MSPA) (grupo I).

O 3º par canônico (vigor baixo) apresentou coeficiente de correlação  $r=0,90$  entre grupos (Tabela 1), revelando que quanto maiores os valores de Inserção do primeiro legume (IP), altura da planta (AP), número de legumes nas ramificações (NLR), número de legumes com quatro sementes (N4) e rendimento de sementes (RS) (grupo II), potencializa-se a germinação (G) (grupo I).

**Tabela 1.** Cargas canônicas para os caracteres morfológicos (grupo I) e caracteres do rendimento (grupo II) nas correlações canônicas ( $r$ ) entre grupos, para os três níveis de vigor (alto, médio e baixo).

Caracteres	Grupo I		
	Vigor Alto	Vigor Médio	Vigor Baixo
E <sup>1</sup>	0,1222	0,50	-0,13
G	-0,8501	-0,75	0,82
EA	0,25	-0,04	-0,21
Vi	0,3157	0,86	-0,43
MSP	0,5758	0,82	-0,35
Grupo II			
IPL <sup>2</sup>	-0,2047	-0,48	0,51
AP	-0,0994	-0,33	0,25
NLHP	0,7783	0,23	-0,36
NLR	-0,7783	-0,23	0,36
NRHP	-0,179	0,08	-0,12
N1	0,4551	0,42	-0,40
N2	0,5342	0,66	-0,52
N3	0,2461	0,35	-0,44
N4	-0,0054	-0,25	0,08
MMS	0,7914	0,82	-0,49
RS	-0,4361	-0,33	0,35
$r^*$	0,94	0,96	0,90
$P^{**}$	<0.0003	<0.003	<0,02

$r^*$ : correlação canônica.

$P^{**}$ : probabilidade.

<sup>1</sup> (grupo I) Emergência a campo (**EC**); Envelhecimento acelerado (**EA**); Germinação (**G**); Viabilidade (**Vi**) e massa seca da parte aérea (**MSP**).

<sup>2</sup> (grupo II) Inserção do primeiro legume (**IPL**); altura da planta (**AP**); número de legumes na haste principal (**NLHP**); número de legumes nas ramificações (**NLR**); número de ramificações na haste principal (**NRHP**); número de legumes com uma semente (**N1**); número de legumes com duas sementes (**N2**); número de legumes com três sementes (**N3**); número de legumes com quatro sementes (**N4**); massa de mil sementes (**MMS**) e rendimento de sementes (**RS**).

As médias climatológicas reais observadas foram: Temperatura máxima (TM) 27,60°C, temperatura mínima (TMI) 16,70°C, temperatura média (TME) 21,50°C, umidade relativa (UR) 73,50%, temperatura do solo a cinco centímetros (TS5) 25,17°C, temperatura do solo a dez centímetros (TS10) 24,88°C, radiação (RAD) 6,80 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e precipitação (PRE) 5,61mm (Tabela 2).

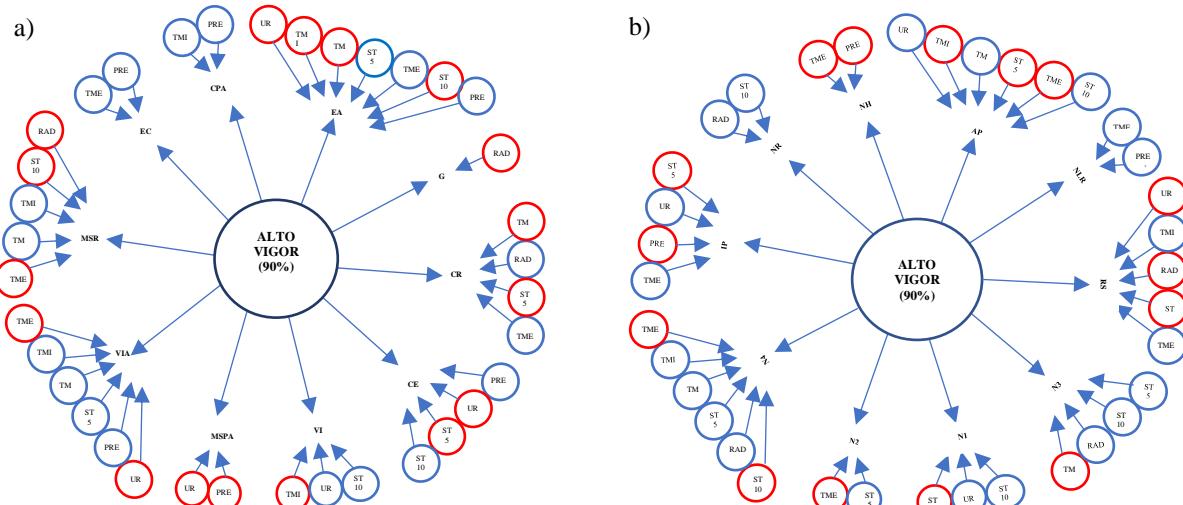
**Tabela 2.** Regressão múltipla com o contraste entre variáveis climatológicas e morfológicas das sementes cultivadas com diferentes níveis de vigor.

Caracter	Vigor	$\alpha$	Dados climatológicos								valor predito	Média real	CV
			TM	TMI	TME	UR	TSS	TS10	RAD	PRE			
			27,6000	16,7000	21,5000	73,5000	25,1755	24,8849	6,8000	5,6122			
CE	Alto	44,9650	.	.	.	-0,1489	-0,6944	1,1674	.	0,0597	55,05	46,60	22,20
	Médio	93,7409	-1,9508	1,3365	.	-0,5046	.	1,0575	-0,6624	.	46,95	47,19	0,54
	Baixo	32,1562	.	-1,3455	0,9213	.	0,3879	.	0,1489	0,2823	41,86	43,04	3,90
CPA	Alto	10,1956	.	0,1050	.	.	.	.	.	0,0174	12,05	11,95	1,12
	Médio	7,9693	0,2448	-0,1834	.	.	.	.	-0,0695	.	11,19	11,34	1,45
	Baixo	13,2205	-0,0449	.	-0,1351	0,0589	0,3186	-0,4182	0,1480	.	12,03	11,91	1,06
CR	Alto	14,7622	-0,5574	.	0,7937	.	-0,1193	.	0,1682	.	14,58	14,52	0,45
	Médio	14,9297	.	.	.	-0,0831	-0,0444	0,3437	-0,3220	.	14,07	14,05	0,17
	Baixo	16,5715	-0,1781	.	.	.	0,1376	.	.	.	15,12	15,02	0,70
EA	Alto	100,0024	-1,2512	-0,6154	3,9531	-0,1418	0,7378	-2,3994	.	0,1309	89,36	89,51	0,24
	Médio	101,1606	0,6827	0,5396	-1,3627	-0,1284	0,1073	.	-0,2786	0,0306	91,26	91,33	0,11
	Baixo	103,9378	0,2968	.	.	.	0,9770	-1,7467	-0,2356	-0,0536	91,36	91,15	0,33
E	Alto	17,3952	.	.	.	.	.	.	.	.			
	Médio	27,2960	0,9892	.	-1,4478	0,0909	.	.	.	0,0570	61,02	61,11	0,22
	Baixo	7,0254	0,9892	.	-1,4478	0,0910	-1,0440	1,9250	.	0,0571	57,62	58,38	1,85
G	Alto	85,5758	.	.	.	.	.	.	-0,4772	.	82,33	81,99	0,44
	Médio	73,3463	.	.	.	-0,1375	0,7368	.	.	.	81,79	82,17	0,49
	Baixo	88,6144	.	.	.	.	.	.	-0,8712	.	82,69	82,11	0,74
MASP	Alto	1,1585	.	.	.	-0,0008	.	.	.	-0,0005	1,10	1,09	0,47
	Médio	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
	Baixo	1,0037	.	0,0023	.	.	.	.	0,0031	.	1,06	1,07	0,24
MSR	Alto	-0,0477	0,0077	0,0039	-0,0157	.	.	0,0090	-0,0017	.	0,10	0,11	1,97
	Médio	0,3857	-0,0041	0,0192	-0,0243	-0,0027	-0,0063	0,0150	0,0041	.	0,09	0,12	28,28
	Baixo	0,2438	0,0056	.	.	.	0,0051	-0,0168	.	.	0,11	0,11	0,66
MMS	Alto	16,2476	0,0822	.	.	.	.	-0,0749	.	.	166,5	166,6	0,03
	Médio	20,6162	.	.	.	-0,0319	.	-0,0582	-0,0592	-0,0128	163,5	164,2	0,61
	Baixo	15,2233	-0,2705	-0,1343	0,2932	0,0129	.	0,1514	0,0273	-0,0077	166,8	167,9	0,95
VIGOR	Alto	29,6950	.	-2,8788	.	0,4693	.	2,1077	.	.	68,56	69,63	1,63
	Médio	81,4195	.	.	.	-0,2419	.	.	.	0,3662	65,70	68,10	5,00
	Baixo	78,3460	.	.	.	.	.	.	-1,0689	-0,2199	69,00	69,88	1,79
VIAB.	Alto	58,8128	1,2479	-1,2495	-0,9259	0,3694	0,3625	.	.	-0,1675	87,82	87,79	0,04
	Médio	75,4981	-2,4629	-1,6270	.	.	-1,6257	5,6844	.	0,3485	82,83	85,89	5,05
	Baixo	94,4041	.	.	.	.	.	-0,8310	-0,0975	88,21	87,80	0,66	

Caracter: CE (condutividade elétrica); CPA (comprimento da parte aérea); CR (comprimento da raiz); EA (envelhecimento acelerado); EC (emergência a campo); G (germinação); MASP (massa seca da parte aérea); MSR (massa seca da raiz); MMS (massa de mil sementes); VIGOR; VIAB. (viabilidade).  $\alpha$  (Intercept); TM (temperatura máxima); TMI (temperatura mínima); TME (temperatura média); UR (umidade relativa); TSC (temperatura do solo a 5 cm); TSD (temperatura do solo a 10 cm); RAD (radiação); PRE (precipitação). CV (coeficiente de variação).

Ao utilizar sementes de alto vigor, constatou-se que a temperatura máxima do ar influenciou positivamente a AP, N4 (Figura 2b), VIA e MSR (Figura 2a), negativamente o N3 (Figura 2b), o EA e CR (Figura 2a). A temperatura mínima do ar influenciou positivamente o RS, N4 (Figura 2b), o CPA, MSR e VIA (Figura 2a), e negativamente a AP (Figura 2b), o EA e VI (Figura 2a). A temperatura média do ar influenciou positivamente o NLR, RS, IP (Figura 2b), a EC, CR e EA (Figura 2a), e negativamente o N4, N2, NLHP, AP (Figura 2b), a MSR e VIA (Figura 2a).

A radiação influenciou positivamente o NR, N3, N4 (Figura 2b) e CR (Figura 2a), e negativamente o RS (Figura 2b), MSR e G (Figura 2a). Enquanto, a precipitação influenciou positivamente o NLR (Figura 2b), a VIA, EC, CPA, EA e CE (Figura 2a), e negativamente o NLHP, IP (Figura 2b) e a MSPA (Figura 2a).



**Figura 2.** Diagrama causal elaborado através das associações lineares entre os caracteres avaliados: a) ADM (massa seca da parte aérea), VIA (viabilidade), MSR (massa seca da raíz), EC (emergência a campo), CPA (comprimento da parte aérea), AA (envelhecimento acelerado), G (germinação), CR (comprimento da raíz), CE (condutividade elétrica) e VIG (vigor); b) N1 (número de legumes com uma semente), N2 (número de legumes com duas sementes), N3 (número de legumes com três sementes), N4 (número de legumes com quatro sementes), IP (inserção do primeiro legume), NR (número de ramificações), NLHP (número de legumes na haste principal), AP (altura da planta), NLR (número de legumes nas ramificações) e RS (rendimento de sementes), utilizando sementes de alto vigor (Alto vigor 90%).

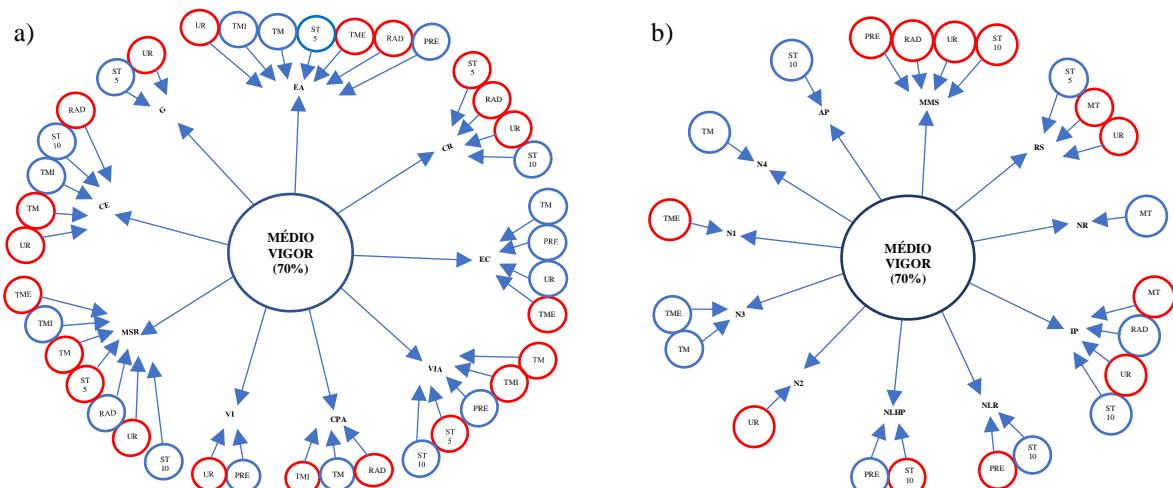
Ao utilizar sementes de médio vigor, observou-se que a temperatura máxima do ar influenciou positivamente o N3, N4, NR (Figura 3b), EA, EC e CPA (Figura 3a),

negativamente influenciou o RS, IP (Figura 3b), VIA, MSR e CE (Figura 3a). A temperatura mínima do ar não modificou os componentes do rendimento (Figura 3b), mas influenciou positivamente o EA, MSR e CE, e negativamente a VIA e CPA (Figura 3a). A temperatura média do ar afetou positivamente o N3 (Figura 3b), e negativamente o N1 (Figura 3b), o EA, EC e MSR (Figura 3a).

A umidade relativa do ar influenciou positivamente apenas a EC (Figura 3a), e negativamente a MMS, RS, IP, N2 (Figura 3b), EA, CR, VI, MSR, G e CE (Figura 3a). A temperatura do solo a cinco centímetros influenciou positivamente o RS (Figura 3b), EA e G (Figura 3a), e negativamente a VIA, MSR e CR. A temperatura do solo a dez centímetros influenciou positivamente o AP, IP, NLHP (Figura 3b), CR, VIA, MSR e CE (Figura 3a), e negativamente a MMS (Figura 3b). A radiação afetou positivamente a IP (Figura 3b) e MSR (Figura 3a), e negativamente MMS (Figura 3b), EA, CR, CPA e CE (Figura 3a). A precipitação influenciou positivamente o NLHP (Figura 3b), EA, VIA, EC, VI (Figura 3a), e negativamente a MMS e NLR (Figura 3b).

Ao utilizar sementes com baixo vigor, observou-se que a temperatura máxima do ar influenciou positivamente o AP, N2 (Figura 4b), EA e MSR (Figura 6), e negativamente o RS, N1, MMS (Figura 4b), CR e CPA (Figura 6). A temperatura mínima influenciou positivamente o AP, NLHP (Figura 4b) e o MSPA (Figura 6), e negativamente o N1, N2, NLR, NR, MMS (Figura 4b) e o CE (Figura 6). A temperatura média influenciou positivamente o AP, MMS (Figura 4b) e a CE (Figura 6), e negativamente apenas o CPA (Figura 4b). A umidade relativa do ar influenciou positivamente o AP, NLHP, MMS (Figura 4b) e o CPA (Figura 6), e negativamente somente o NLR (Figura 4b).

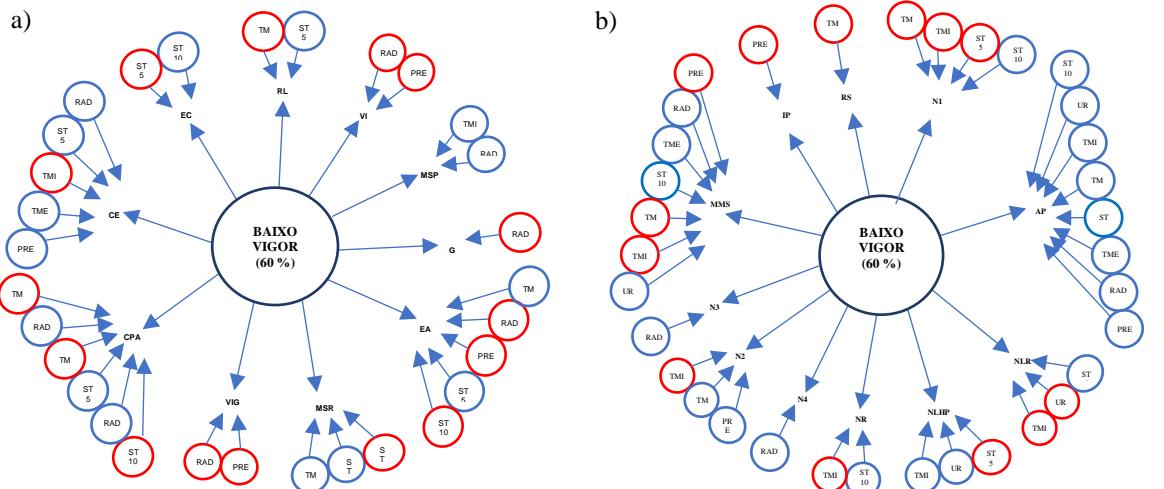
A temperatura do solo a cinco centímetros influenciou positivamente a AP, NLR (Figura 4b), CR, EA, MSR, CPA e CE (Figura 4a), e negativamente o N1, NLHP (Figura 4b) e o EC (Figura 4a). A temperatura do solo a dez centímetros influenciou positivamente o N1, AP, NR, MMS (Figura 4b) e o EC (Figura 4a), e negativamente o EA, CPA e MSR (Figura 4a). A radiação influenciou positivamente o AP, N3, N4, CPA, MMS (Figura 4b), MSPA e CE (Figura 4a), e negativamente a VIA, G, EA e VI (Figura 4a). A precipitação influenciou positivamente a AP, N2 (Figura 4b) e CE (Figura 4a), e negativamente o MMS, IP (Figura 4b), VIA, EA e VI (Figura 4a).



**Figura 3.** Diagrama causal elaborado através das associações lineares entre os caracteres avaliados: a) MSPA (massa seca da parte aérea), VIA (viabilidade), MR (massa seca da raiz), EC (emergência a campo), CPA (comprimento da parte aérea), EA (envelhecimento acelerado), G (germinação), CR (comprimento da raiz), CE (condutividade elétrica) e VI (vigor); b) N1 (número de legumes com uma semente), N2 (número de legumes com duas sementes), N3 (número de legumes com três sementes), N4 (número de legumes com quatro sementes), IP (inserção do primeiro legume), NR (número de ramificações), NLHP (número de legumes na haste principal), AP (altura da planta), NLR (número de legumes nas ramificações) e RS (rendimento de sementes), utilizando sementes de vigor médio (médium vigor 70%).

Com umidade relativa do ar abaixo de 73%, temperatura do solo a 10 cm menor do que 24 °C, menor radiação solar e precipitação pluviométrica, quando semeadas sementes de médio vigor, pode-se predizer, utilizando o teste massa de mil sementes, que a massa das sementes colhidas seria de 163,5 g (tabela 2).

A ocorrência de menores temperaturas mínimas, elevada umidade relativa do ar e elevada temperatura do solo a 10 cm, com a semeadura de sementes de alto vigor, pode-se predizer, através do teste de tetrazólio, que o vigor das sementes colhidas seria de aproximadamente 70%. Através do mesmo teste de vigor, ocorrendo altas temperaturas máximas, menores temperaturas mínimas e médias, maior umidade relativa e temperatura do solo a 5 cm e menor precipitação pluviométrica, prediz-se que as sementes colhidas teriam 87,82% de viabilidade (tabela 2).



**Figura 4.** Diagrama causal elaborado através das associações lineares entre os caracteres avaliados: a) ADM (massa seca da parte aérea), VIA (viabilidade), MSR (massa seca da raiz), EC (emergência a campo), CPA (comprimento da parte aérea), EA (envelhecimento acelerado), G (germinação), CR (comprimento da raiz), CE (condutividade elétrica) e VI (vigor); b) N1 (número de legumes com uma semente), N2 (número de legumes com duas sementes), N3 (número de legumes com três sementes), N4 (número de legumes com quatro sementes), IP (inserção do primeiro legume), NR (número de ramificações), NLHP (número de legumes na haste principal), AP (altura da planta), NLR (número de legumes nas ramificações) e RS (rendimento de sementes), utilizando sementes de baixo vigor (Baixo vigor 60%).

Ao ocorrer temperatura média acima de 21,5°C, umidade relativa do ar acima de 73,5 %, temperatura do solo a 5cm menor de 25 °C e precipitação pluviométrica menor de 5,6 mm, poderia ser predito, que ao semear sementes de alto vigor, a inserção do primeiro legume seria de 19,01 cm (tabela 3).

Com menor temperatura máxima, a temperatura do solo a 5 e 10 cm maior a 25 °C e radiação solar acima de 6,8 W/m<sup>2</sup>, quando fossem semeadas sementes de alto vigor, poderia ser predito que o número de legumes com 3 sementes por planta seria de 38,32% (Tabela 3).

Quando ocorrem temperaturas amenas, menor umidade relativa, temperatura do solo a 5 centímetros e a 10 centímetros entre 24 e 25 °C e precipitação pluviométrica média acima de 5,6 mm por dia, semeando sementes de alto vigor, pode-se predizer através do teste de envelhecimento acelerado, que as sementes colhidas teriam 89,36% de germinação após terem sido submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2).

**Tabela 3.** Regressão múltipla com o contraste entre variáveis climatológicas e componentes do rendimento das sementes cultivadas com diferentes níveis de vigor.

Caracter	Vigor	$\alpha$	Dados climatológicos								valor predito	Média real	CV
			TM	TMI	TME	UR	TS5	TS10	RAD	PRE			
IPL	Alto	19,3499	.	.	0,1389	0,0410	-0,2484	.	.	-0,0150	19,01	18,98	0,22
	Médio	15,7387	-0,1472	.	.	-0,0166	.	0,2525	0,0373	.	16,99	16,88	0,73
	Baixo	16,6795	.	.	.	.	.	.	.	-0,0174	16,58	16,55	0,30
N1	Alto	0,5490	.	.	.	0,0451	-0,3917	0,6419	.	.	9,98	9,93	0,49
	Médio	12,5498	.	.	-0,1230	.	.	.	.	.	9,91	10,06	1,61
	Baixo	10,4508	-0,2442	-0,1884	.	.	-0,3127	0,6923	.	.	9,92	9,98	0,65
N2	Alto	29,0531	.	.	-0,4440	.	0,4787	.	.	.	31,56	31,63	0,22
	Médio	34,6240	.	.	.	-0,0504	.	.	.	.	30,92	31,34	1,43
	Baixo	24,0396	0,4117	-0,2335	.	.	.	.	.	0,0400	31,73	31,97	1,07
N3	Alto	28,3617	-0,3652	.	.	.	0,2394	0,5101	0,1944	.	38,32	38,34	0,05
	Médio	34,6363	0,4885	.	-0,3419	.	.	.	.	.	40,77	41,14	0,97
	Baixo	41,0923	.	.	.	.	.	.	-0,1345	.	40,18	40,27	0,24
N4	Alto	0,2264	0,0877	0,0555	-0,0976	.	0,0729	-0,1137	0,0196	.	0,61	0,62	1,43
	Médio	-0,2628	0,0362	.	.	.	.	.	.	.	0,74	0,73	0,24
	Baixo	0,6536	.	.	.	.	.	.	0,0207	.	0,79	0,80	0,23
NLR	Alto	28,3778	0,6243	.	.	.	.	.	.	0,0730	46,02	45,94	0,22
	Médio	46,2929	.	.	.	.	.	0,4780	.	-0,0557	57,88	57,80	0,18
	Baixo	53,9220	.	-0,3838	.	-0,0742	0,5975	.	.	.	57,10	56,98	0,22
NRHP	Alto	-0,4763	.	.	.	.	.	0,1570	0,0323	.	3,65	3,63	0,52
	Médio	1,4985	0,1303	.	.	.	.	.	.	.	5,09	5,15	1,07
	Baixo	3,9458	.	-0,1395	.	.	.	0,1409	.	.	5,12	5,14	0,29
AP	Alto	79,6903	0,4403	-0,1156	-0,3711	0,0988	-0,3428	0,3153	.	.	88,41	88,37	0,05
	Médio	73,5390	.	.	.	.	.	0,4750	.	.	85,36	85,28	0,09
	Baixo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
NLHP	Alto	71,6221	-0,6243	.	.	.	.	.	.	-0,0730	53,98	54,06	0,19
	Médio	53,7074	.	.	.	.	.	-0,4780	.	0,0557	42,13	42,20	0,25
	Baixo	46,0779	.	0,3838	.	0,0742	-0,5975	.	.	.	42,90	43,02	0,30
RS	Alto	86,2843	1,3671	0,8201	.	-0,4743	-0,9771	.	-1,1560	.	70,39	70,50	0,16
	Médio	88,5923	-1,2320	.	.	-0,2515	1,4286	.	.	.	72,07	73,04	1,41
	Baixo	90,9667	-0,5731	.	.	.	.	.	.	.	75,15	75,09	0,00

Caracter: IPL (inserção do primeiro legume), N1, N2, N3 e N4 (número de legumes com uma duas, três e quatro sementes), NLR (número de legumes nas ramificações), NRHP (número de ramificações na haste principal), AP (altura da planta), NLHP (número de legumes na haste principal) e RS (rendimento de sementes).

A ocorrência de maiores temperaturas, maior umidade relativa e temperatura do solo a 5 e 10 cm em torno de 25 °C, quando o campo fosse semeado com sementes

de alto vigor, possibilitaria predizer que as plantas teriam uma altura de aproximadamente 88,41cm (tabela 3).

Ao ocorrer alta temperatura e umidade relativa do ar menor de 73%, temperatura do solo a 5 cm menor de 25 °C e radiação solar menor que 6,8 W/m<sup>2</sup>, semeando sementes de alto vigor, poderia ser predito que o rendimento de sementes seria de 70,39 sc ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

#### **4.4 Conclusões**

O grupo de caracteres morfológicos: massa de mil sementes, germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, viabilidade e vigor, comprimento da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e raiz, emergência a campo, estão fortemente associados com os componentes de rendimento da soja independentemente do nível de vigor utilizado.

Em função do nível de vigor utilizado, a temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, temperatura do solo a cinco centímetros, temperatura do solo a dez centímetros, radiação e precipitação, influenciam de forma distinta os componentes de rendimento da soja.

A partir das variáveis climatológicas: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, temperatura do solo a cinco centímetros, temperatura do solo a dez centímetros, radiação e precipitação, é possível predizer os caracteres morfológicos e os componentes de rendimento da soja

## 5 Considerações finais

O nível de vigor em associação com os sistemas de distribuição de fertilizante potencializa o rendimento de grãos, altura de inserção do primeiro legume e da planta, número de legumes na haste principal e ramificações, magnitude de ramificações e comprimento da soja. A influência do vigor em associação com sistemas de distribuição de fertilizante são dependentes da localização do campo de produção, podendo sementes de alto vigor, proporcionar incremento absoluto de 5,6 a 12,5% no rendimento de grãos.

A qualidade fisiológica de sementes de soja é afetada pelo ambiente de cultivo, nível de vigor e influenciada pelo sistema de distribuição de fertilizante. O ambiente composto por Passo Fundo – RS, demonstrou superioridade para a produção de sementes de maior vigor, tanto ao utilizar o sistema de distribuição de fertilizante convencional como por transbordo.

O grupo de caracteres morfológicos: massa de mil sementes, germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, viabilidade e vigor, comprimento da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e raiz, emergência a campo, estão fortemente associados com os componentes de rendimento da soja independentemente do nível de vigor utilizado.

Em função do nível de vigor utilizado, a temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, temperatura do solo a cinco centímetros, temperatura do solo a dez centímetros, radiação e precipitação, influenciam de forma distinta os componentes de rendimento da soja.

A partir das variáveis climatológicas: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, temperatura do solo a cinco centímetros, temperatura do solo a dez centímetros, radiação e precipitação, é possível predizer os caracteres morfológicos e os componentes de rendimento da soja

## Referências

ALTMANN, A. S., BONOTTO, G. J., BEDIN, P. R, SILVEIRA, HENDRIGO, A. T., CARPES, D. P., DIAS, V. O., MONTEMEZZO J., ALONÇO, A. dos S. Metodologia para avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras-adubadoras. **XIV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão**. 10 a 12 de novembro de 2010. Centro Universitário Franciscano.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**, Nº 7, 2<sup>a</sup> edição, São Paulo, 2000.

ARNON, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. **Plant Physiology** 24: 1-15.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. New York; p.341, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. New York; p.341, 1983.

AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; VILLELA, F. A. **Estresses ambientais e a produção de sementes: ciência e aplicação**. Pelotas: Cópias Santa Cruz, 159p. 2017.

BARRETO, F.A., DETMIO A. Processo de resfriamento de sementes. **SEED News**, Pelotas, n.3, mai./jun. 2009.

BELLALOUI, N.; REDDY, K.N.; GILLEN, A.M.; FISHER, D.K.; MENGISTU, A. Influence of planting date on seed protein, oil, sugars, minerals, and nitrogen metabolism in soybean under irrigated and non-irrigated environments. **American Journal Plant Sciences**, v.2, p.702-715, 2011.

BONOTTO, G. J., **Desempenho de dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2012.

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, 399 p. 2009.

CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: G.M.S. Câmara, 2000. 450p.

CARVALHO, E. R. **Manganês via foliar em soja convencional e transgênica RR: efeitos na qualidade de sementes, atividade enzimática, lignina e**

**produtividade.** 2013. 134 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P.M.; OGOSHI, F. G. A.; BOTREL, E. P.; ALCANTRA, E. P.; SANTOS, J. P. Desempenho de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 892-899, 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CISoja – **Centro de Inteligência da Soja. Histórico da Soja**. CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. Acesso em 12 de janeiro de 2019.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/ SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 376p.2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017: sexto levantamento**, [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_03\\_09\\_09\\_16\\_09\\_boletim\\_graos\\_marco\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_09_09_16_09_boletim_graos_marco_2017.pdf) Acesso em: 28 de mai. 2018

Cruz, C. D. Genes-a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35, 271-276, 2013.

Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. E; Regazzi, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2014.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

DIAS, M A N.; MONDO, V H V.; CÍCERO S M. Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina , v. 32, n. 2, p. 93-101, 2010.

DOGAN, E.; KIRNAK, H.; COPUR, O. Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. **Field Crops Research**, v.103, p.154-159, 2007  
effects. **Field Crops Research**. v.176, p.45–55, 2015.

EGLI, D. B.; BRUENING, W. P. Water stress, photosynthesis, seed sucrose levels and seed growth in soybean. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.142, p.1– 8, 2004.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil, 2012 e 2013.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, n.15).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil, 2009 e 2010.** Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, n.13).

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.** Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia. 2009. 530p.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. *Nativa*, v.3, p.67-77, 2015.

FERREIRA, M. F. P.; DIAS, V. O.; OLIVEIRA, A.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B. Uniformidade de vazão de fertilizantes por dosadores helicoidais em função do nivelamento longitudinal. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, V.18 N.4, julho / agosto 2010. 297- 304 p.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

FRANÇA NETO, J. F., Krzyzanowski, F. C., & Da Costa, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja.** Embrapa-CNPSO, 1998.

GARCIA, A. et al. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas.** Londrina: EMBRAPA – CNPSO, 2007. 12 p. (EMBRAPA-CNPSO, Circular Técnica, 51). Disponível  
em:<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470313/1/circotec51.pdf>.  
Acesso em:30 abr. 2018.

GASPARIM, E., PRANDINI RICIERI, R., DE LIMA SILVA, S., DALLACORT, R., & GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 1, 2005.

GUARESCHI RF, GAZOLLA PR, PERIN A & SANTINI JMK. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:643-648. 2011.

GUARESCHI, R.F., GAZOLLA, P.R., SOUCHIE, E.L., ROCHA, A.C. 2008. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Ciências Agrárias** 29: 769-774.

GUERRA, C.A.; MARCHETTI, M.E.; ROBAINA, A.D.; SOUZA, C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá – PR, v.28, n.1, p.91-97, 2006.

HENNING, F.A.; MERTZ, L.M.; JACOB JUNIOR, A.; MACHADO, R.D.; FISS, G.; ZIMMER, P.D. Chemical composition and reserve mobilization in soybean seeds with high and low vigor. **Bragantia**, 69(3): 727-734, 2010.

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

KOLCHINSKI, E.M., SCHUCH, L. O. B. Produtividade e Utilização de Nitrogênioem Aveia em função de Épocas de Aplicação do Nitrogênio. **Agrociência**. v.8,n.2, p.117-121. Pelotas. 2002.

KRZYZANOWSKI, F. C. ; WEST, S. H. ; FRANÇA NETO, J. B. Drying soybean seed using air ambient temperature at low relative humidity. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.28, n.2, p.77-83. 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; FILHO, O. A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D.; LISBOA, J. I. Produtividade de grãos da soja em função do manejo de herbicida e fungicidas. **Ciência Rural**, v.40, n.7, p.1516-1522, 2010.

MAHL, D. Desempenho de semeadoras adubadoras de milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2002. 160f.

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

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

MARCOS FILHO, J. **Importância do potencial fisiológico da semente de soja**. Informativo ABRATES, Londrina, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.

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 Agricola**, Piracicaba-SP, v. 56, p. 851-858, 1999.

MOLIN, J. P.; MAZZOTTI, H. C. Influência da utilização e do tipo de Amortecedores de Ricochete em Ensaios de aplicadores um Lanço. **Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, 2000.

MORALES, R. G. F.; SANTOS, I.; TAMAZELI, V. N.; RESENDE, J. T. V. Influência da nutrição mineral foliar nas doenças da parte aérea e no rendimento da cultura da soja. **Revista Ambiência**. v.7, n.2, p. 207-215, 2011.

MOTTA, I. S. et al. Características agronômica e componentes de produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 02, p. 153-162, 2000.

MUELLER, C, tem de todos os autores.(2002). **Análise da expansão da soja no Brasil**. Brasília: Banco Mundial.,[Online].  
[<www.worldbank.org/rfpp/news/debates/mueller.pdf>](http://www.worldbank.org/rfpp/news/debates/mueller.pdf). Acesso em: 30/02/2019.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, v. 1, p. 1-24, 1999.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, v. 1, p. 1-24, 1999.

NICO, M.; MIRALLES, D. J.; KANTOLIC, A. G. Post-flowering photoperiod and radiation interaction in soybean yield determination: Direct and indirect photoperiodic

OH-E, I.; UWAGOH, R.; JYO, S.; KURAHASHI, T.; SAITO, K. U.; KURODA, T. Effects of rising temperature on flowering, pod set, dry-matter production and seed yield in soybean. **Japanese Journal of Crop Science**, v.76, p.433–444, 2007.

OLIVEIRA, A. C. S. et al. Testes de Vigor em Sementes Baseados no Desempenho das Plântulas. Inter Science Place,v. 2, n. 4,2009.

OLIVEIRA, A.P.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; SADER, R., ALVES, A.U. Produção e qualidade fisiológica de sementes de coentro em função de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28 p. 193-198, 2006.

OLIVEIRA, M.L. de; VIEIRA, L.B.; MANTOVANI, E.C. SOUZA, C.M. de; DIAS, G.P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1455-1463, 2000.

PEIXOTO, C.P; GONCALVES, J.A; PEIXOTO, M.F.S.P. E CARMO, D.O. Características agronômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de sementeira no Recôncavo Baiano. **Bragantia**, vol. 67, p.673-684, 2008.

PERCHE FILHO, A.; CASTIONE, G.; STORINO, M. **Avaliação da qualidade de distribuição reduzida de fertilizantes para milho**. In: 29º CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Águas de Lindóia, SP. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Águas de Lindóia, SP: [s.n.], 2012.

PESKE, S., VILLELA, F. A., & MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Editora Universitária/UFPel, Pelotas, 2012.

PORTELLA, J. A.; SATTLER, A.; FAGANELLO, A. Regularidade da distribuição de sementes e de fertilizantes em semeadoras para plantio direto de trigo e soja. **Engenharia Agrícola**, v.17, n.4, p.57- 64, 1998.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, InternationalPlantNutritionInstitute, 2011. 420p.

ROSSI, R., F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J., B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agronômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 60, p. 215-222, 2018.

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

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L; MAIA, M.S.; ASSIS, F.N. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, p.127-134, 1999.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa - MG: UFV, 1999. p.478-533.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Documentos, 305).

SHERRIE, I.; KHALED, O.; WASHINGTON, E.; LAGE, P.; WOODS, S.; KANTARTZI, S. K.; MEKSEM, K.; LIGHTFOOT, D. A.; KASSEM, M. A. Evaluation of Several Agronomic Traits in 'Essex'By 'Forrest' Recombinant Inbred Line Population of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Atlas Journal of Plant Biology**, v. 1, p. 13- 17, 2011.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v.6, p.575-577, 1965.

SILVA, C. M. D. **Época de semeadura versus grupo de maturação nos componentes de rendimento da soja em microclima do cerrado piauiense.** 2017. Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Agronomia-Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí-UFPI

SILVA, L. D. J. **Estágio de desenvolvimento e exigências da cultura da soja.** UNIVAG. 2002. Disponível em <<http://www.univag.com.br>>

SILVA, V. A. et al. Kinetics of K release from soils of Brazilian coffee regions: effect of organic acids. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 533-540, 2008.

SILVA, R. S.; BASSOI, M. C.; FOLONI, J. S. S. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2017. In: X Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Brasília, DF: **Embrapa**, 2017. 240 p.

SLEEPER D.A. & POEHLMAN J.M. **Breeding field crops.** 5.ed. Ames: Blackwell Pub Iowa, 424p. 2006.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. DO; SCHNEIDER, P.; GIASSON, É.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. Porto Alegre, Emater, 2008. 222 p.

SZARESKI, V. J., CARVALHO, I. R., DEMARI, G. H., PELISSARI, G., PELEGRI, A. J., BARBOSA, M. H., ... AUMONDE, T. Z. Path analysis applied to agronomic traits of contrasting growth habit soybeans. **Australian Journal Crop Science**, 12, 531-538. 2018.

SZARESKI, V. J., DE SOUZA, V. Q., CARVALHO, I. R., NARDINO, M., FOLLMANN, D. N., DEMARI, G. H. e OLIVOTO, T. Ambiente de cultivo e seus efeitos aos caracteres morfológicos e bromatológicos da soja. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v. 5, n. 2, 2015.

TACARINDUA, C. R. P.; SHIRAIWA, T.; HOMMA, K.; KUMAGAI, E.; SAMESHIMA, R. The effects of increased temperature on crop growth and yield of soybean grown in a temperature gradient chamber. **Field Crop Research**, v.154, p.74– 81, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. (1991). Relationship of seed vigor to crop yeild: a review. **Crop Science**, 31: 816-822, 1991.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; WHITE, G. M. Seed production and technology. In: WILCOX, J. R. (Ed.). Soybeans: improvement, production and uses. 2nd ed. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 295-353, 1987.

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

VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química , qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.

WOYANN, L. G.; BENIN, G. ; STORCK, L. ; TREVIZAN, D. M. ; MENEGUZZI, C. ; MARCHIORO, V. S. ; TONATTO, M. ; MADUREIRA, A. . Estimation of Missing Values Affects Important Aspects of GGE Biplot Analysis. **Crop Science**, v. 0, p. 1-13, 2016.

YAN W. GGE Biplot-A Windows application forgraphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal** v. 93, p. 1111-1118, 2001.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.