

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



Tese

Produtividade, desempenho vegetativo e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da distribuição de plantas no campo

Caio Sippel Dörr

Pelotas, 2020

Caio Sippel Dörr

Produtividade, desempenho vegetativo e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da distribuição de plantas no campo

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo Panozzo (FAEM/UFPeI)

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

D111p Dörr, Caio Sippel

Produtividade, desempenho vegetativo e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da distribuição de plantas no campo / Caio Sippel Dörr ; Luis Eduardo Panozzo, orientador. — Pelotas, 2020.

75 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Glycine max. 2. Sementes - Produtividade - Componentes do rendimento. 3. Crescimento vegetativo. 4. Qualidade fisiológica de sementes. I. Panozzo, Luis Eduardo, orient. II. Título.

CDD : 633.34

Caio Sippel Dörr

Produtividade, desempenho vegetativo e qualidade fisiológica de sementes de soja
em função da distribuição de plantas no campo

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

Data da defesa: 03 de julho de 2020

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Eduardo Panozzo (Orientador)

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Luis Osmar Braga Schuch

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Luciano Carlos da Maia

Doutor em Agronomia (Fitomelhoramento) pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier

Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Victor Mouzinho Spinelli

Doutor em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho a toda minha família e, em especial, a minha esposa Ana Paula Pinto Martins.

Agradecimentos

À querida Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, pelo conforto de sua estrutura física. Também por proporcionar a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

A família Scheunemann por abrir as portas de sua propriedade e disponibilizar a estrutura física para realização dos estudos e ensaios a campo, também pelo total apoio, conhecimentos e experiências repassadas, troca de ideias, confiança e por acreditar no trabalho desenvolvido.

Ao professor orientador e amigo Dr. Luis Eduardo Panozzo pela orientação, parceria, comprometimento, honestidade, conhecimentos repassados, conselhos, paciência e amizade durante a realização do curso e do trabalho.

Ao professor e amigo Dr. Luis Osmar Braga Schuch pelos conhecimentos repassados, conselhos, paciência e amizade durante a realização do curso.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Aos amigos e colegas de trabalho, Aline Miura, Jeferson Prates, Jonas Albandes Gularte, Lucas Scheunemann, Márcio Gonçalves da Silva, Tainan Lopes de Almeida, Vinicius Diel e Vinicius Guilherme Kiesow Macedo pelo companheirismo, apoio, amizade, discussões/debates e trabalho.

A minha família pelo incentivo, apoio, amor, carinho e paciência.

A minha esposa Ana Paula Pinto Martins, em especial, que não mede esforços para me ajudar e incentivar em todas as minhas escolhas e desafios, pelo companheirismo, amor, carinho, paciência e dedicação a nossa vida juntos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Só fazemos melhor aquilo que repetidamente insistimos em melhorar. A busca da excelência não deve ser um objetivo, e sim, um hábito”.

(Aristóteles)

Resumo

DÖRR, Caio Sippel. **Produtividade, desempenho vegetativo e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da distribuição de plantas no campo.** Orientador: Luís Eduardo Panozzo. 2020. 75 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da distribuição de plantas no desempenho vegetativo, produtivo e fisiológico de sementes em genótipos de soja na região sul do Rio Grande do Sul. O ensaio foi desenvolvido a campo, em duas safras agrícolas, em uma fazenda localizada no Distrito de Monte Bonito - Pelotas (RS-Brasil). O experimento constituiu-se de doze tratamentos envolvendo dois fatores: fator A – 3 genótipos de soja (NA 5909 RR, NS 6006 IPRO e NS 5959 IPRO) e fator B – 4 espaçamentos entre linhas (0,17; 0,30; 0,45 e 0,60 metros). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (3x4), com quatro blocos. Cada parcela teve a dimensão de 2,4 metros de largura e 4 metros de comprimento. Para as avaliações foram descartados 0,6 metros de cada lado da parcela e 0,5 de cada extremidade de linha para servir de bordadura. A população de plantas utilizada foi de 330 000 plantas ha⁻¹. Para as determinações experimentais foram avaliadas 5 plantas aleatórias da área útil de cada parcela, a exceção da produtividade de grãos, que foi avaliada a área útil total de cada parcela. As determinações experimentais realizadas para avaliação do desempenho vegetativo foram: altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa seca do caule, das folhas e total no estágio de pleno florescimento da cultura. Para avaliação do desempenho produtivo foram determinados: diâmetro do caule principal, altura final de plantas, número de ramificações por plantas, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de mil sementes e produtividade. Para avaliação do desempenho fisiológico de sementes foram analisados: germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e matéria seca de parte aérea, radicular e total de plântulas, envelhecimento acelerado e emergência em campo. Plantas de soja melhor distribuídas na área de cultivo, em espaçamentos de 0,17 e 0,30 metros, apresentam maior altura de plantas, diâmetro do caule e desempenho produtivo. A utilização de espaçamentos reduzidos, 0,17 e 0,30 metros, proporciona a produção de sementes de melhor qualidade fisiológica, e este resultado é evidenciado em anos com a presença de chuvas no período que antecede a colheita. A distribuição de plantas de soja apresenta pouco efeito no desempenho vegetativo da cultura. O genótipo NS 5959 IPRO é mais sensível a variações na distribuição de plantas em campo. O desempenho, de um modo geral, de genótipos de soja sofre influência da distribuição de plantas, e essa resposta é dependente do genótipo e do ambiente de produção.

Palavras-Chave: *Glycine max.* Crescimento vegetativo. Componentes do rendimento. Produtividade. Qualidade fisiológica de sementes.

Abstract

DÖRR, Caio Sippel. **Yield, vegetative performance and physiological quality of soybean seeds as a function of plant distribution in the field.** 2020. 75 f. Thesis (Doctor of scientiae) - Postgraduate Program in Seed Science and Technology, Eliseu Maciel Faculty of Agronomy, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

The aim of the present study was to evaluate the effect of plant distribution on the vegetative, productive and physiological performance of seeds in soybean genotypes in the southern region of Rio Grande do Sul. The test was developed in the field, in two agricultural crops, on a farm located in the District of Monte Bonito - Pelotas (RS-Brazil). The experiment consisted of twelve treatments involving two factors: factor A - 3 soybean genotypes (NA 5909 RR, NS 6006 IPRO and NS 5959 IPRO) and factor B - 4 line spacing (0.17; 0.30; 0.45 and 0.60 meters). The experimental design used was randomized blocks in a factorial scheme (3x4), with four blocks. Each plot was 2.4 meters wide and 4 meters long. For the evaluations, 0.6 meters were discarded on each side of the plot and 0.5 on each end of the line to serve as a border. The plant population used was 330,000 plants ha⁻¹. For the experimental determinations, 5 random plants of the useful area of each plot were evaluated, with the exception of grain yield, which was evaluated the total useful area of each plot. The experimental determinations carried out to evaluate the vegetative performance were: plant height, stem diameter, leaf area, dry mass of the stem, leaves and total at the stage of full flowering of the crop. To evaluate the productive performance, the following were determined: main stem diameter, final plant height, number of branches per plant, number of pods per plant, number of seeds per pod, mass of one thousand seeds and productivity. To evaluate the physiological performance of seeds were analyzed: germination, first germination count, shoot length and dry matter, root and total seedlings, accelerated aging and emergence in the field. Soybean plants better distributed in the cultivation area, in spacing of 0.17 and 0.30 meters, have higher plant height, stem diameter and productive performance. The use of reduced spacing, 0.17 and 0.30 meters, provides the production of seeds of better physiological quality, and this result is evidenced in years with the presence of rain in the period before the harvest. The distribution of soybean plants has little effect on the vegetative performance of the crop. The NS 5959 IPRO genotype is more sensitive to variations in the distribution of plants in the field. The performance, in general, of soybean genotypes is influenced by the distribution of plants, and this response is dependent on the genotype and the production environment.

Keywords: *Glycine max.* Vegetative growth. Yield components. Yield. Physiological quality of seeds.

SUMÁRIO

1.	Introdução geral.....	9
1.1.	Referências	14
2.	Capítulo 01 - Desempenho produtivo de genótipos de soja em função da distribuição de plantas em campo	18
2.1.	Introdução.....	18
2.2.	Material e métodos	20
2.3.	Resultados e discussão.....	22
2.4.	Conclusões	34
2.5.	Referências	34
3.	Capítulo 02 - Qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes distribuições de plantas no campo.....	37
3.1.	Introdução.....	37
3.2.	Material e métodos	38
3.3.	Resultados e discussão.....	41
3.4.	Conclusão.....	54
3.5.	Referências	54
4.	Capítulo 03 - Desempenho vegetativo de genótipos de soja cultivados sob diferentes distribuições de plantas	57
4.1.	Introdução.....	57
4.2.	Material e métodos	58
4.3.	Resultados e discussão.....	61
4.4.	Conclusões	66
4.5.	Referências	66
5.	Considerações finais	69
6.	Referências	70

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil ocupa lugar de destaque no cenário internacional de produção de grãos de soja, atualmente é o segundo maior produtor de grãos da cultura, produzindo 120 milhões de toneladas em aproximadamente 36 milhões de hectares (CONAB, 2020). O maior produtor atualmente é os Estados Unidos que ocupa 35 milhões de hectares com a cultura, produzindo aproximadamente 123 milhões de toneladas do grão (USDA, 2019). Associado a isso, o índice médio de produtividade americana é superior ao índice médio de produtividade alcançado no Brasil. O Brasil produz, aproximadamente, 180 kg de grãos de soja a menos por hectare, e isso também contribui para que a produção de grãos de soja brasileira seja inferior à americana (USDA, 2019).

No Brasil, a região centro-oeste se destaca como maior produtora, sendo semeados, aproximadamente, 16 milhões de hectares com a cultura, resultando na produção de 58 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2020). Logo abaixo da região centro-oeste encontra-se a região sul do Brasil, onde são cultivados 12 milhões de hectares, o que resulta em, aproximadamente, 35% da produção nacional (CONAB, 2020).

A estimativa de produção total de grãos nas diversas culturas exploradas no país é de aproximadamente 250 milhões de toneladas e somente a cultura da soja representa 48% desta produção (CONAB, 2020). A cada nova safra a cultura da soja está expandindo novas fronteiras e desenvolvendo novas regiões, promovendo a geração de empregos e renda. Entretanto, além de promover o crescimento da área cultivada é importante desenvolver tecnologias de cultivo buscando o melhor aproveitamento das áreas, elevação das médias de produtividades e aumento da renda do agricultor. A média brasileira de produtividade de soja atualmente é de 3269 kg por hectare (CONAB, 2020).

O Sul do Rio Grande do Sul é uma região em que o cultivo de soja vem se desenvolvendo como uma alternativa ao arroz irrigado, cultura tradicional da região, para o manejo de rotação e diversificação da matriz produtiva. O cultivo de soja realizado na região sul do Rio Grande do Sul, ainda é recente e tem sido um desafio aos técnicos e produtores da região, pois devido às condições de ambiente e solo a cultura pode responder de forma distinta as práticas de manejo comumente adotadas (ZANON et al., 2015; MARCHESAN et al., 2017; GUBIANI et al., 2018). Neste sentido, alterações na forma com que as plantas são distribuídas na área de cultivo, no arranjo entre as plantas, é uma estratégia de manejo que tem demonstrado resultados distintos no rendimento de grãos, dependendo do ano, condições de clima e solo, genótipo de plantas, época de semeadura, hábito de crescimento e população de plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; BALBINOT JUNIOR et al., 2015b; JARDIM ROSA et al., 2016; CARMO et al., 2018).

Distribuições de plantas distintas podem ser obtidas pela alteração da distância entre as linhas de semeadura, fazendo assim com que as plantas fiquem distribuídas de forma mais uniforme na área quando se reduz o espaçamento, ou mais agrupadas, quando se aumenta o espaçamento entre linhas, mantendo sempre a mesma população de plantas. Sendo assim, quando se reduz o espaçamento entre linhas, diminui-se a competição intraespecífica e as plantas de soja apresentam melhor aproveitamento dos recursos ambientais, resultando em desempenho de plantas superior (SILVA et al., 2013; JARDIM ROSA et al., 2016; MODOLO et al., 2016; MATSUO et al., 2017). Associado a isso, observa-se o melhor aproveitamento dos nutrientes disponibilizados via adubação, quando se tem plantas mais uniformemente distribuídas na área (JARDIM ROSA et al., 2016). Possivelmente, as raízes das plantas exploram de forma mais efetiva o volume de solo a elas disponível, podendo assim também resultar em maior aproveitamento da água disponível no solo. Além disso, o surgimento de plantas daninhas pode ser inibido pelo rápido fechamento do dossel e sombreamento da cobertura do solo (MATSUO et al., 2017).

Lavouras semeadas sob espaçamentos reduzidos apresentam mais rápido fechamento do dossel das plantas resultando em maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa (HEIFFIG et al., 2006; SILVA et al., 2013). Devido a isso e a maior interceptação da radiação solar, possivelmente plantas cultivadas sob reduzidos espaçamentos entre linhas apresentam maior área foliar e matéria seca, podendo assim resultar em maiores taxas de crescimento da cultura ao longo do ciclo.

Matsuo et al. (2017) observaram que plantas cultivadas sob espaçamentos reduzidos (35 cm) apresentam maior índice de área foliar, acúmulo de matéria seca e taxa de crescimento no período de R2 até R5, resultando assim em maior número de vagens e produtividade de grãos. A produtividade de grãos em plantas de soja é construída no decorrer do ciclo da cultura. Os componentes do rendimento da cultura são formados em diferentes fases e estão diretamente correlacionadas com a produtividade da lavoura (DALCHIAVON & CARVALHO, 2012). Neste sentido, plantas nos estádios de plena floração (R2) e enchimento de grãos (R5) com maior aporte fotossintético apresentam menor aborto de vagens e maior acúmulo de fotoassimilados nos grãos, resultando, respectivamente, em maior número de vagens por planta e maior massa de mil sementes (GLIER et al., 2015), e possivelmente melhor qualidade fisiológica de sementes.

A produção de sementes de soja de elevada qualidade é um desafio para o setor sementeiro. É de conhecimento geral que, semente se faz no campo e, portanto, todas as condições ambientais as quais as sementes estão sujeitas e as práticas de manejo adotadas podem apresentar resultados efetivos sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas (PESKE et al., 2012; FRANÇA-NETO, 2016). Os principais fatores que afetam a qualidade fisiológica de sementes de soja no campo de produção são de ordem climática e nutricional (FRANÇA-NETO, 2016). Sendo assim, modificações na disponibilidade hídrica e nutricional, bem como na interceptação da radiação solar podem ser estratégias interessantes para a produção de sementes de qualidade fisiológica superior (CARVALHO et al., 2015; ZAMBIAZZI et al., 2017; MARIN et al., 2015). Dentre estas estratégias, a modificação da distribuição das plantas em um campo de produção de sementes de soja pode ser uma técnica interessante para a produção de sementes de elevada qualidade fisiológica. Plantas de soja cultivadas sob diferentes arranjos em campo apresentam distintas taxas de crescimento, interceptação da radiação solar, produtividade e ainda produzem sementes com constituições nutricionais distintas, inclusive diferenças relacionadas ao teor de estaquiose e rafinose (SILVA et al., 2013; RAGIN et al., 2014; BELLALLOUI et al., 2015, MATSUO et al., 2017). Estes oligossacarídeos estão relacionados com o processo de aclimatação das sementes ortodoxas, caso da soja, para suportar melhor o estresse da desidratação natural sem acarretar em grandes prejuízos à qualidade fisiológica de sementes (PESKE et al., 2012).

Sementes de maior vigor apresentam maior crescimento inicial, devido a maior velocidade dos processos de germinação, emergência e formação de raízes para absorção de água e nutrientes antecipadamente (KOLSCHINSKI et al., 2006). Isso é importante para a formação do aparato fotossintético das plantas buscando maior fotossíntese líquida no momento da floração, formação dos grãos e vagens, e do enchimento de grãos, ocasionando a formação de maior número de grãos e de maior massa (KOLSCHINSKI et al., 2006; SILVA et al., 2013). Sendo assim, a utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica também tem por final apresentado resultados positivos nos componentes de rendimento e produtividade de plantas de soja em diversos estudos realizados, seja trabalhando com plantas individuais ou em população de plantas (PANOZZO et al., 2009; SCHUCH et al., 2009; SCHEEREN et al., 2010; MATTIONI et al., 2012; TAVARES et al., 2013; SILVA et al., 2013; DÖRR et al., 2018; BAGATELI et al., 2019).

Anualmente, são produzidos em torno de 3,1 milhões de toneladas de sementes de soja no Brasil, entretanto, boa parte dessa produção acaba não sendo comercializada (ABRASEM, 2018). De acordo com os dados citados anteriormente, o Brasil anualmente semeia em torno de 35 milhões de hectares com soja, portanto, se considerarmos uma densidade de semeadura de 60 kg ha^{-1} , veremos que a demanda anual potencial de sementes de soja é de 2,1 milhões de toneladas. Entretanto, a taxa de utilização de sementes pelos agricultores é de 71%, o que significa que apenas 24,8 milhões de hectares são semeadas com sementes certificadas, produzidas dentro de um rigoroso processo de produção, com cuidados específicos de manejo e condução dos campos, certificado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Sendo assim, o mercado de sementes efetivo de soja é de, aproximadamente, 1,5 milhões de toneladas. Este fato, da baixa utilização de sementes certificadas, decorre por diferentes motivos alegados por agricultores, sendo um dos motivos a presença de lotes de baixa qualidade fisiológica disponíveis para comercialização (MELO et al., 2016).

Vale salientar que para se obter altos índices de produtividade é indispensável iniciar uma lavoura com a semente da mais alta qualidade em todos os seus atributos, garantindo assim o seu potencial genético, maior proteção fitossanitária, maior precisão de semeadura e, a formação de uma lavoura com plantas de alto desempenho fisiológico e produtivo (PESKE et al., 2012, DÖRR et al., 2018; BAGATELI et al., 2019). Neste sentido, o desenvolvimento de tecnologias de

produção de sementes para abastecer esse mercado de sementes de soja emergente, nas novas fronteiras produtoras de grãos de soja, com sementes de mais alta qualidade é de extrema importância para o sucesso da espécie na região.

Entretanto, nem sempre resultados positivos no desempenho de plantas são encontrados quando se reduz o espaçamento entre linhas de cultivo e melhora a distribuição de plantas na área (BALBINOT JUNIOR et al., 2016a). O genótipo das plantas tem apresentado efeito significativo na resposta à redução do espaçamento (BALBINOT JUNIOR et al., 2016a). Segundo Matsuo et al. (2017), é necessário o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes arranjos entre plantas e assim possibilitar ganhos efetivos com a melhor distribuição de plantas na área.

A redução do espaçamento entre linhas pode causar alguns prejuízos à lavoura, pois devido ao fechamento da entrelinha de semeadura antecipadamente e maior sombreamento da parte inferior do dossel, o influxo de CO₂ e a condutância estomática das folhas sombreadas podem ser menores devido às condições de baixa luminosidade (FIOREZE et al., 2013). Outro problema que pode ser acarretado também com a redução do espaçamento entre linhas é o aumento da incidência de ferrugem asiática e outras doenças causadas principalmente por fungos. Entretanto, trabalhos realizados avaliando a severidade de ferrugem asiática, em três safras, em diferentes espaçamentos entre linhas de cultivo de soja, mostram aumento da incidência da doença de acordo com a redução do espaçamento em apenas uma safra (ROESE et al., 2012). Associado a isso, vale salientar que a deposição da calda de pulverização de produtos para o controle de doenças é dificultada com a redução do espaçamento entre linhas de cultivo (HOLTZ et al., 2014).

Sendo assim, a distribuição de plantas de soja em campo é um tema que ainda merece atenção e estudos, pois é uma possível ferramenta a ser utilizada com o intuito de produzir sementes de elevada qualidade e lavouras de alto desempenho produtivo. A soja é um cultivo que se apresenta em constante evolução no que tange a novas cultivares, eventos de biotecnologia e tecnologias de forma geral voltadas para um manejo economicamente mais viável, ambientalmente menos agressivo e socialmente mais justo e estas modificações/inovações podem apresentar respostas distintas com relação ao arranjo de plantas.

1.1. Referências

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e mudas. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/estatisticas/> Acesso em: 10/06/2019

BAGATELLI, J.R.; DÖRR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v.41, n.2, p. 151-159, 2019.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H. FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.

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

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

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018.

CARVALHO, L.R.; MACHADO, C.G.; SILVA CRUZ, S.C.; RODRIGUES, J.F. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetida a diferentes formas de aplicação de fósforo. **Global Science and Technology**, v.08, n.01, p.185–192, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/2020: Nono levantamento – junho/2020**. Brasília, DF: Conab, 2020.

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.

DÖRR, C.S.; ALMEIDA, T.L.; PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B. Treatment of soybean seeds of different levels of physiological quality with amino acids. **Journal of Seed Science**, v.40, n.4, p.407-414, 2018.

FIGLIARO, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 136).

GLIER, C. A. S.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; FACHIN, G. M.; COSTA, A. C. T.; GUIMARÃES, V. F.; MROZINSKI, C. R. Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 567-573, 2015.

GUBIANI, P. I.; MÜLLER, E. A.; SOMAVILLA, A.; ZWIRTES, A. L.; MULAZZANI, R. P.; MARCHESAN, E. Transpiration reduction factor and soybean yield in low land soil with ridge and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, 2018.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HOLTZ, V.; COUTO, R. F.; OLIVEIRA, D. G.; REIS, E. F. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, 2014.

JARDIM ROSA, C. B. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; SOUZA, L. C. F.; ENSINAS, S. C.; SILVA, E. F.; LOURENTE, E. R. P.; DUPAS, E.; MORAES, E. M. V.; MATTOS, F. A.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; EL KADRI, T. C.; JESUS, M. V. Soybean agronomic performance in narrow and wide row spacing associated with NPK fertilizer under no-tillage. **African Journal Agricultural Research**, v. 11, n. 32, p. 2947-2956, 2016.

MARCHESAN, E.; TONETTO, F.; TELÓ, G. M.; COELHO, L. L.; ARAMBURU, B. B.; TRIVISOL, V. S. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v.47, n.11, 2017.

MARIN, R.S.F.; BAHRY, C.A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 265-274, 2015.

MATSUO, N.; TAKAHASHI, M.; YAMADA, T.; TAKAHASHI, M.; HAJIKA, M.; FUKAMI, K.; TSUCHIYA, S. Effects of water table management and row width on the growth and yield three soybean cultivars in southwestern Japan. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 85–97, 2017.

MATTIONI, F.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; MARCOS-FILHO, J.; GUIMARÃES, S. C. Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 1, p. 108-116, 2012.

MELO, D.; BRANDÃO, W.T.M.; NÓBREGA, L.H.P.; WERNKE, I. Qualidade de sementes de soja convencional e Roundup Ready (RR), produzida para consumo próprio e comercial. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.2, p.300-309, 2016.

MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Revista de Agricultura**, v. 19, n. 3, p. 216-219, 2016.

PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; MIELEZRSKI F.; PESKE, F.B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**. v. 16, n. 1, p. 32-41. 2009.

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 2ª ed. Pelotas, Editora UFPel. 573 pp, 2012.

RAGIN, B.; AKOND, M.; KANTARTZI, S.; MEKSEM, K.; HERRERA, H.; AKBAY, C.; LIGHTFOOT, D.A.; KASSEM, M.A. Effect of Row Spacing on Seed Isoflavone Contents in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 4003-4010, 2014.

ROESE, A. D.; MELO, C. L. P.; GOULART, A. C. P. Espaçamento entre linhas e severidade de ferrugem-asiática da soja. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 300-305, 2012.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.035-041, 2010.

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

SILVA, C. S.; SCHUCH, L. O. B.; OLIVO, M.; SEUS, R. Desempenho de plantas isoladas de soja, biometria e qualidade fisiológica das sementes. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana*, v.19, n.1, p.1-9. 2013a.

TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BRUNES, A.P.; TUNES, L.M.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**. v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013.

USDA, United States Department of Agriculture. **2019 Agricultural Statistics Annual**: Chapter III - Statistics of oilseeds, fats, and oils, 2019.

ZAMBIAZZI, E.V.; BRUZI, A.T.; ZUFFO, A.M.; SOARES, I.O.; MENDES, A.E.S.; TERESANI, A.L.R.; GWINNER, R.; CARVALHO, J.P.S.; MOREIRA, S.G. Desempenho agrônômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta a adubação potássica. *Revista Ciências Agrárias*, v.40, n.3, p.543-553, 2017.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 400-411, 2015.

2. CAPÍTULO 01 - Desempenho produtivo de genótipos de soja em função da distribuição de plantas em campo

2.1. Introdução

A estimativa de produção total de grãos nas diversas culturas exploradas no Brasil é de, aproximadamente, 250 milhões de toneladas, sendo que a cultura da soja corresponde a 48% desta produção, com uma média nacional de produtividade de 3269 kg por hectare (CONAB, 2020). A cada nova safra a soja está expandindo novas fronteiras e desenvolvendo novas regiões, promovendo a geração de empregos e renda. Entretanto, além de promover o crescimento da área cultivada é importante desenvolver tecnologias de cultivo buscando o melhor aproveitamento das áreas, elevação das médias de produtividade e aumento da renda do agricultor.

A soja é uma espécie que apresenta plasticidade fenotípica, entretanto, cultivares modernas tem apresentado distintas características de morfologia de folhas, ângulo foliar, tamanho do trifólio, altura de plantas, ramificações, sendo necessários novos estudos para promover adaptações aos manejos de caráter fitotécnicos (ZANON et al., 2016). Associado a isso, o cultivo de soja realizado na região sul do Rio Grande do Sul, ainda é recente e tem sido um desafio aos técnicos e produtores da região, pois devido às condições de ambiente e solo a cultura pode responder de forma distinta às práticas de manejo comumente adotadas (ZANON et al., 2015; MARCHESAN et al., 2017; GUBIANI et al., 2018). Neste sentido, alterações na forma com que as plantas são distribuídas na área de cultivo é uma estratégia de manejo que tem demonstrado resultados distintos no rendimento de grãos, dependendo do ano, local do experimento, genótipo de plantas, época de semeadura, hábito de crescimento e população de plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; BALBIONOT JUNIOR et al., 2015b; JARDIM ROSA et al., 2016; CARMO et al., 2018).

Plantas melhor distribuídas na área, ou seja, cultivadas sob espaçamentos entre linhas reduzidos, apresentam mais rápido fechamento do dossel da lavoura, maior resposta a adubação, maior índice de área foliar e maior interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (HEIFFIG et al., 2006; SILVA et al., 2013; JARDIM ROSA et al., 2016). Estes fatos resultam em maior atividade fotossintética nos tecidos das plantas, maior crescimento vegetativo, e assim formação de um aporte fotossintético mais eficiente a ser utilizado no período reprodutivo para obter maiores produtividades de grãos (MATSUO et al., 2017).

O maior aporte fotossintético no início do período reprodutivo (R1-R2) resulta em menor abortamento floral, promovendo maior número de vagens e sementes por planta (GLIER et al., 2015). Os mesmos autores relatam que a massa de mil sementes apresenta relação direta com a área foliar e fotossíntese líquida no momento do início do enchimento de grãos (R5). O número de vagens e sementes por planta e a massa de mil sementes são os componentes do rendimento mais importantes para a cultura da soja e apresentam correlação direta com a produtividade de grãos (DALCHIAVON & CARVALHO, 2012). Portanto, a utilização de espaçamentos reduzidos em que há melhor distribuição das plantas na área pode ser uma prática de manejo interessante a ser utilizadas pelos agricultores com o objetivo de aumentar seus patamares produtivos para a cultura da soja.

Outro aspecto que deve ser considerado é que devido ao rápido fechamento do dossel ocorre o sombreamento das folhas do terço inferior precocemente e, assim, o influxo de CO₂ e a condutância estomática das folhas sombreadas podem ser menores devido às condições de baixa luminosidade, reduzindo significativamente a taxa de fotoassimilação e, possivelmente, a produtividade da cultura (FIOREZE et al., 2013). Entretanto, Matsuo et al. (2017) reduziram o espaçamento de 0,70 m para 0,35 m entre linhas, sob uma mesma população de plantas na área e obtiveram um ganho de 420 kg ha⁻¹ de grãos de soja.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da distribuição de plantas em campo no desempenho produtivo de genótipos de soja na região sul do Rio Grande do Sul.

2.2. Material e métodos

O estudo foi desenvolvido junto ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel). O experimento foi desenvolvido em campo, em duas safras agrícolas (safra 2015/16 e safra 2016/17), em uma fazenda localizada no Distrito de Monte Bonito - Pelotas (RS-Brasil), com as coordenadas geográficas 31° 40' 27"S e 52°23' 28"W. Os dados climáticos diários de precipitação e temperatura máxima, média e mínima diária, referentes ao período de duração dos ensaios, foram coletados na estação meteorológica da EMBRAPA/UFPel, situada próxima ao local do experimento com as coordenadas geográficas 31° 52' 00" S e 52°23' 28"W, e estão ilustrados na Figura 1.

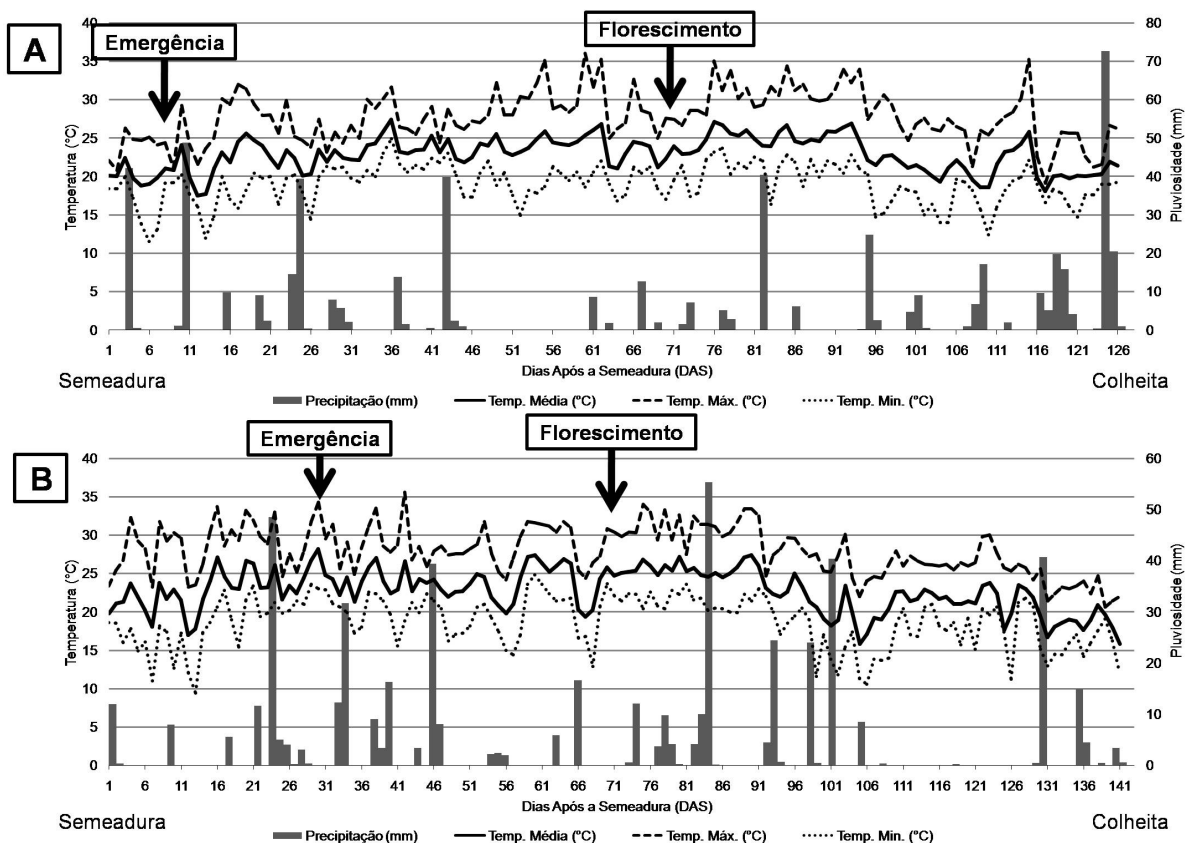


Figura 1. Temperatura máxima (Temp. Máx.), temperatura mínima (Temp. Mín.), temperatura média (Temp. Média) e precipitação durante o período de realização dos experimentos a campo (A – safra 2015/2016, B – safra 2016/2017), Pelotas – RS. Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas (EMBRAPA/UFPel).

O experimento constituiu-se de doze tratamentos envolvendo dois fatores: fator A – 3 genótipos de soja (A - NS 5959 IPRO; B - NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RR) e fator B – 4 espaçamentos entre linhas (0,17; 0,30; 0,45 e 0,60 metros). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, com quatro blocos. Cada parcela teve a dimensão de 2,4 metros de largura e 4 metros de comprimento, para as avaliações foram descartados 0,6 metros de cada lado da parcela e 0,5 de cada extremidade para servir de bordadura.

O solo da área de realização do experimento foi preparado com uma aração e duas gradagens, de modo a reduzir a presença de torrões e impedimentos à emergência das plântulas. Previamente a semeadura, foi realizada amostragem do solo da área do ensaio para ser enviada a um laboratório de análise de solo e em seguida com a posse da análise do solo realizou-se a adubação de acordo com as recomendações da CFQS RS/SC (Comissão de Fertilidade e Química do Solo – RS/SC, 2016) para a cultura da soja, incorporando os nutrientes ao solo no momento da semeadura.

Os tratamentos culturais e de controle fitossanitário foram realizados de acordo com as indicações técnicas para a cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A população de plantas utilizada para a realização do experimento foi de 330 mil plantas hectare⁻¹, buscando assim atender a recomendação de população de plantas de todos os genótipos em estudo.

A semeadura foi realizada de forma manual e em sulcos no dia 04 de dezembro de 2015 e 09 de dezembro de 2016, em uma densidade de semeadura de 50 sementes por metro. Posteriormente, foi realizado o raleio de plantas buscando adequar o espaçamento entre plantas na linha de acordo com o espaçamento na entre linha de cada parcela, mantendo a mesma população de plantas por área.

Para as determinações experimentais foram avaliadas 5 plantas aleatórias da área útil de cada parcela, a exceção da produtividade de grãos, que foi avaliada a área útil total de cada parcela, quando as plantas atingiram o estágio R8 na escala de Fehr & Cavinees (1977). As determinações experimentais realizadas foram: diâmetro do caule principal, altura final de plantas, número de ramificações por plantas, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de mil sementes e produtividade.

O número de vagens por planta foi determinado através da contagem direta das vagens nas cinco plantas avaliadas e os resultados expressos número de vagens por planta (média das cinco plantas).

O número médio de sementes por vagem foi obtido através da contagem direta das sementes nas cinco plantas avaliadas e dividido pelo número total de vagens. Os resultados foram expressos em sementes por vagem (média das cinco plantas).

A massa de mil sementes foi determinada através da pesagem de 8 subamostras de cem sementes colhidas na área útil da parcela, sendo o valor médio expresso em gramas.

O diâmetro do caule principal foi determinado com auxílio de paquímetro digital, sendo as medidas coletadas em cinco plantas, logo abaixo do primeiro nó do caule. Em cada planta foram realizadas duas medidas, buscando a maior representatividade do caule.

A altura final de plantas foi determinada com auxílio de uma fita métrica e mensurada em centímetros, sendo os dados expressos na média das 5 plantas.

O número de ramificações foi determinado através da sua contagem direta no caule principal das cinco plantas, e o resultado expresso na média das cinco plantas.

Após a coleta dos dados, foi realizada a sua tabulação e verificação das pressuposições da análise da variância. Sendo estas atendidas, os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F a 5% de probabilidade o fator qualitativo (genótipo) foi submetido ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (espaçamento) foi feita a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software R (R CORE TEAM, 2014).

2.3. Resultados e discussão

De acordo com os dados coletados de crescimento de plantas (Tabela 1., Figura 2.) observa-se efeito significativo do espaçamento entre linhas para altura de plantas, diâmetro do caule e número de ramificação em pelo menos um genótipo dos três utilizados no presente estudo, nas duas safras agrícolas. Apenas, para o número

de ramificações, na safra 2016/17, não observa-se efeito significativo do espaçamento entre linhas.

Neste sentido também constata-se que na safra 2015/16 as plantas do genótipo NS 5959 IPRO se destacaram com altura de plantas e diâmetro do caule, em média, 8% maior, e, de forma geral, 40% menos ramificações nos diferentes espaçamentos estudados (Tabela 1). O genótipo NA 5909 RR apresentou intermediária altura de plantas, diâmetro do caule 6% menor que a média dos demais genótipos e número de ramificações por planta semelhante ao cultivar NS 6006 IPRO. O genótipo NS 6006 IPRO apresentou altura de plantas semelhante ao NA 5909 RR e, aproximadamente 8% menor que o NS 5959 IPRO, e intermediário diâmetro do caule.

Com relação aos dados coletados na safra 2016/17 (Tabela 1), de forma geral, todos os genótipos apresentaram altura de plantas e diâmetro do caule semelhantes, à exceção, do genótipo NS 6006 IPRO que no espaçamento de 0,17 m apresentou desempenho inferior aos demais genótipos para as duas variáveis. Considerando o número de ramificações é possível observar que o genótipo NA 5909 RR independente do espaçamento entre linhas apresenta capacidade de ramificação superior e melhor aproveitamento do espaço disponível ao seu crescimento, repetindo assim, os resultados obtidos na safra 2015/16. Neste sentido, vale salientar, que em valores absolutos, para as variáveis altura de planta e diâmetro do caule, o genótipo NS 5959 IPRO apresentou maior média, assemelhando-se os resultados obtidos na safra 2015/16. Possivelmente, na segunda safra do estudo, não se observaram diferenças significativas porque logo após a semeadura da cultura em campo ocorreu um longo período sem chuvas expressivas, ocasionando o atraso na emergência das plantas, e conseqüentemente redução do estágio vegetativo, período este em que as plantas apresentam maiores taxas de crescimento. Sendo assim, as plantas dos diferentes genótipos não expressaram seu potencial máximo de crescimento, amenizando as diferenças devido à emergência tardia (ZANON et al., 2015; CARMO et al., 2018).

Tabela 1. Altura de planta, diâmetro do caule e número de ramificações por planta de três genótipos de soja cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

E. L. (m)	Genótipo de plantas					
	A	B	C	A	B	C
Altura de plantas (cm)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	106.8	100.2	100.3	84.4 a	74.5 b	85.7 a
0.30	101.0	94.2	93.6	81.5 a	87.7 a	88.6 a
0.45	97.7	85.0	93.4	82.2 a	77.0 a	81.2 a
0.60	95.8	88.4	88.2	82.5 a	76.3 a	78.3 a
Média	100.3 a	91.9 b	93.9 ab	82.6	78.9	83.4
C.V. (%)	8.0			5.7		
Diâmetro do caule (mm)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	8.2	7.7	7.5	6,1 a	4,5 b	6,1 a
0.30	8.1	8.3	7.5	5,6 a	5,6 a	5,5 a
0.45	8.3	7.6	7.6	6,0 a	5,7 a	5,5 a
0.60	7.6	6.9	7.0	5,5 a	5,5 a	5,6 a
Média	8.1 a	7.6 ab	7.4 b	5.8	5.3	5.7
C.V. (%)	7.3			9.2		
Número de ramificações						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	2,9 a	3,8 a	4,2 a	2.9	3.2	5.5
0.30	1,8 b	5,2 a	5,3 a	2.4	4.0	5.0
0.45	3,3 b	4,2 ab	5,6 a	1.7	3.1	5.0
0.60	2,6 b	3,6 b	5,4 a	3.3	3.8	6.0
Média	2.6	4.2	5.1	2,6 c	3,5 b	5,3 a
C.V. (%)	21.1			25.0		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. (A – NS 5959 IPRO; B – NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RR; E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação)

Com relação ao espaçamento entre as linhas de semeadura, na safra 2015/16, pode-se observar que conforme o aumento do espaçamento entre as linhas de semeadura as plantas de todos os genótipos apresentaram uma tendência linear de redução de sua altura (Figura 2A). Para o diâmetro do caule (Figura 2C) constata-se uma tendência quadrática, onde as plantas atingiram o maior diâmetro do caule no espaçamento de 0,30 m. Na safra 2016/17, para a altura de plantas (Figura 2B) identificou-se uma tendência linear de redução conforme o aumento do espaçamento entre as linhas de semeadura apenas para o genótipo NA 5909 RR, e um tendência quadrática para o diâmetro do caule (Figura 2D) do genótipo NS 6006 IPRO, atingindo

o máximo desempenho no espaçamento de 0,45 m. Portanto, em condições de espaçamentos reduzidos as plantas de soja ficam melhor distribuídas na área o que promove o crescimento vegetal, resultando em plantas mais vigorosas, de maior altura e diâmetro do caule. Estes resultados, estão de acordo com os encontrados por Matsuo et al. (2017), entretanto devido a maior competição intraespecífica das plantas na linha em espaçamentos maiores pode ocorrer maior altura de plantas conforme o aumento do espaçamento (JARDIM ROSA et al., 2016). Estes resultados evidenciam que condições de ambiente e de manejo podem alterar a resposta de genótipos a distribuição entre plantas no campo.

Em condições de espaçamentos reduzidos as plantas apresentam mais rápido fechamento da entre linha de semeadura, maior interceptação da radiação solar precocemente, maior índice de área foliar e conseqüentemente maior taxa de crescimento vegetativo (HEIFFEG et al., 2006; MATSUO et al., 2017). Vale salientar ainda, que não é só o desenvolvimento aéreo que é superior, as raízes das plantas também apresentam taxas de crescimento superior (MATSUO et al., 2017). Entretanto, dependendo do genótipo e do ambiente de cultivo respostas distintas podem ser observadas (JARDIM ROSA et al., 2016). Na safra 2016/17, apenas observou-se efeito do espaçamento na altura de plantas para o genótipo NA 5909 RR e diâmetro do caule para o genótipo NS 6006 IPRO devido ao curto período do estágio vegetativo de crescimento, sendo isso limitante a expressão do potencial máximo, semelhante ao que ocorreu com as diferenças entre os genótipos já explicitada anteriormente para as mesas variáveis (Tabela 1.).

Para o número de ramificações por planta, considerando as duas safras estudadas apenas observou-se efeito do espaçamento entre linhas na safra 2015/16 para o genótipo NA 5909 RR, que apresenta por característica intrínsecas maior capacidade de ramificação, conforme pode ser observado na Tabela 1. O número de ramificações por planta frequentemente apresenta influência do espaçamento entre linhas, entretanto outros fatores podem afetar esta resposta da planta ao espaçamento, como a época de semeadura, população de plantas e genótipo (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; JARDIM ROSA et al., 2016).

Em condições de maiores espaçamentos entre linhas, ocorre uma maior interceptação de luz solar com qualidade superior pela parte lateral da planta, o que estimula uma maior ramificação no sentido perpendicular a linha de cultivo, entretanto, dependendo das condições ambientais, a exemplo, menor radiação solar, a

luminosidade pode ser um fator limitante para a ramificação lateral, apresentando assim as plantas cultivadas em diferentes arranjos, o mesmo número de ramificações (LUCA & HUNGRIA, 2014; BALBINOT JUNIOR et al., 2015a). Outro fator que pode limitar a ramificação das plantas é o próprio genótipo, alguns genótipos podem apresentar um controle genético para não ramificação. Outro aspecto que deve ser considerado é a população de plantas elevada utilizada no presente estudo, elevadas populações de plantas pode ser fator limitante para as plantas não responderem a alterações no espaçamento entre linhas (PROCÓPIO et al., 2014; MODOLO et al., 2016).

Com relação ao desempenho de plantas avaliado no momento da colheita, é possível observar que de forma geral, a exceção do número de ramificações por planta, plantas cultivadas sob espaçamento reduzido (0,17 e 0,30 m entre linhas) tendem a apresentar crescimento superior, podendo isso ser um importante passo para a maior produtividade de grãos. Plantas cultivadas sob espaçamentos reduzidos apresentam uma melhor distribuição na área de cultivo e isso promove um mais rápido fechado da superfície do solo e maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa precocemente o que acarreta em maior assimilação de CO₂ e energia para utilização no seu crescimento e desenvolvimento (SILVA et al., 2013). Conseqüentemente, devido a maior produção de energia na planta através do processo fotossintético e também possivelmente devido a melhor distribuição das raízes no solo, que exploram melhor o volume de solo a elas disponíveis, ocorre o melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis e água, assim impulsionando o metabolismo vegetal de uma forma geral (JARDIM ROSA et al., 2016; MATSUO et al., 2017).

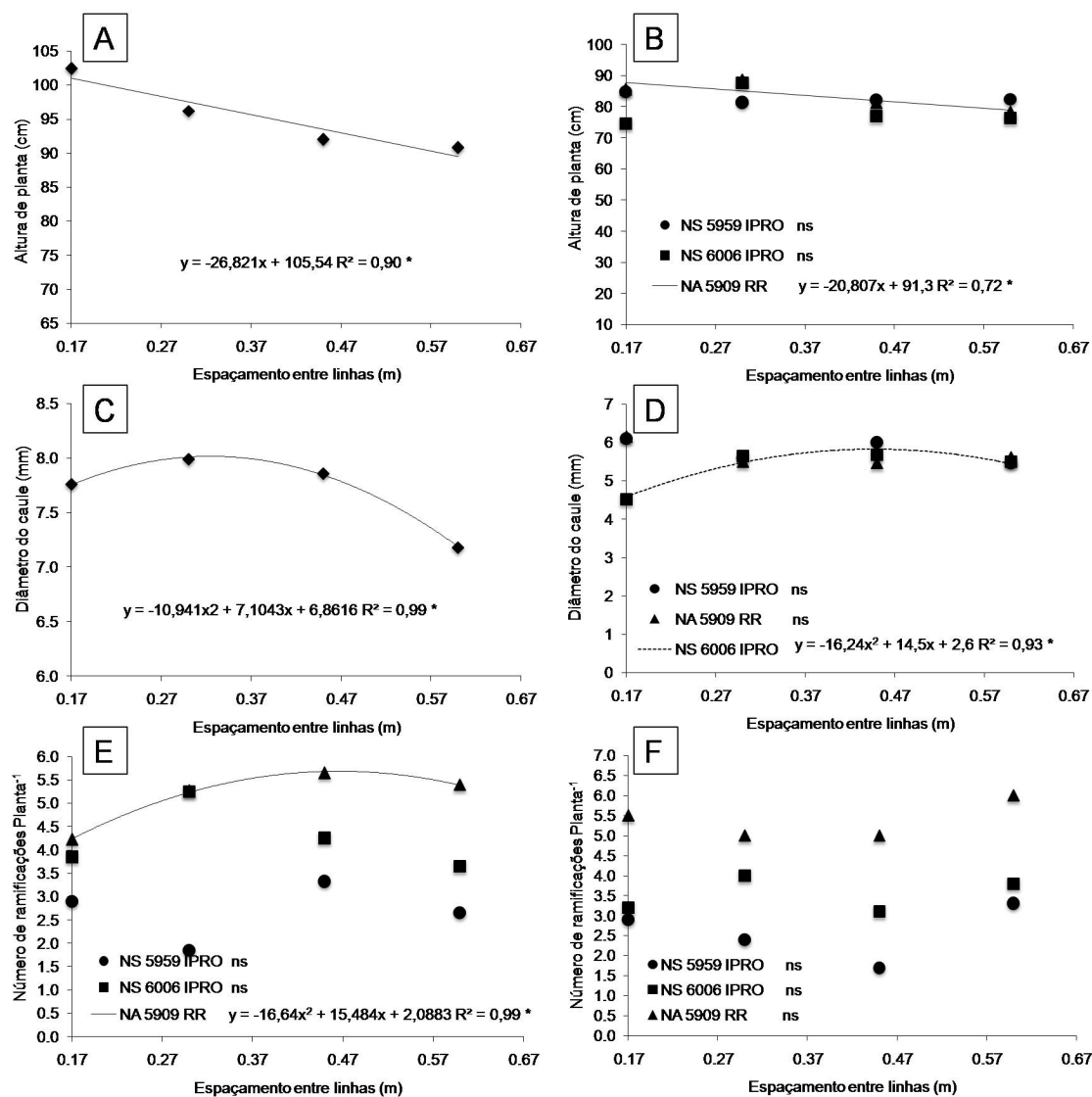


Figura 2. Altura de planta (A-2015/16, B-2016/17), diâmetro do caule (C-2015/16, D-2016/17) e número de ramificações por planta (E-2015/16, F-2016/17) de três genótipos de soja cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

ns – não significativo

* significativo a 5% de probabilidade

De acordo com os resultados referentes ao desempenho produtivo constata-se efeito significativo dos diferentes genótipos em estudo, com exceção apenas para o número de sementes por vagem para a safra 2016/17.

O desempenho produtivo dos genótipos de soja, na safra 2015/16, é reflexo dos dados de altura de plantas e diâmetro do caule na mesma safra (Tabela 1 e 2). O genótipo NS 5959 IPRO apresentou, de forma geral, número de vagens por planta 17,6% maior que o NS 6006 IPRO e semelhante ao NA 5909 RG, sementes por vagem 5% maior que o NA 5909 RG e semelhante ao NS 6006 IPRO, e massa de mil sementes 7,3 e 26% maiores que os genótipos NS 6006 IPRO e NA 5909 RG,

respectivamente. Estes resultados promoveram uma produtividade superior do genótipo NS 5959 IPRO em 24,0% e 46,9% em relação aos genótipos NS 6006 IPRO e NA 5909 RG, respectivamente. O genótipo NS 6006 IPRO apresentou uma vantagem produtiva de 18,5% em relação ao genótipo NA 5909 RG (Tabela 2).

Para a safra 2016/17 não constata-se grandes diferenças entre os genótipos em estudo, para o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem. Apenas, o genótipo NS 6006 IPRO apresentou menor número de vagens no espaçamento de 0,17 m (Tabela 2). Estes componentes do rendimento estão diretamente relacionados com o aparato fotossintético e com a fotossíntese momentânea nos estádios que vão do início do florescimento (R1) até a formação das vagens (R4) (GLIER et al., 2015). Sendo assim, possivelmente estes resultados sejam reflexos do curto período de crescimento vegetativo, devido a emergência tardia, não possibilitando a formação do aparato fotossintético adequado para expressão de todo potencial produtivo dos genótipos em estudo. Assim promovendo com que as diferenças entre os genótipos sejam minimizadas. O número de sementes por vagens, de forma isolada, é um componente do rendimento que não apresenta correlação significativa com a produtividade de grãos de soja (DALCHIAVON & CARVALHO, 2012).

Com relação à massa de mil sementes (Tabela 2) é possível observar que, de forma geral, o genótipo NS 5959 IPRO foi superior em 11,0% em relação ao genótipo NA 5909 RG e 1,9% em relação ao genótipo NS 6006 IPRO, que por sua vez apresentou massa de mil sementes 8,9% superior ao NA 5909 RG. Com relação a diferença, em percentual, da massa de mil sementes entre os genótipos, nas duas safras estudadas, é possível observar que foram atenuadas, resultado este que reforça a teoria do efeito ambiental, devido a emergência tardia, sobre as respostas dos cultivares aos fatores de produção em estudo.

A produtividade de grãos dos diferentes genótipos (Tabela 2) é reflexo do crescimento e formação dos componentes do rendimento no decorrer do ciclo produtivo, sendo assim na safra 2016/17, devido as condições ambientais durante o ciclo da cultura, e outros fatores tanto bióticos como abióticos, e também considerando que o desempenho da cultura a campo é dependente da interação genótipo X ambiente, os genótipos que apresentaram maior produtividade foram o NS 5959 IPRO e o genótipo NA 5909 RR, superando a produtividade do genótipo NS 6006 IPRO. A produtividade de um genótipo de soja é resultado da interação de diversos fatores

bióticos e abióticos que ocorrem durante todo ciclo da cultura, que podem influenciar a formação dos componentes do rendimento e conseqüentemente o rendimento de grãos (DALCHIAVON & CARVALHO, 2012).

Tabela 2. Número de vagens e sementes por planta, massa de mil sementes e produtividade de três genótipos de soja cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

E. L. (m)	Genótipo de plantas					
	A	B	C	A	B	C
Número de vagens Planta ⁻¹						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	48.3	41.9	47.0	43.5 a	29.6 b	45.8 a
0.30	54.0	49.2	45.5	40.4 a	36.6 a	39.3 a
0.45	50.7	39.6	48.1	38.1 a	38.5 a	39.5 a
0.60	39.9	33.4	37.9	37.1 a	37.7 a	36.2 a
Média	48.2 a	41.0 b	44.6 ab	39.8	35.6	40.2
C.V. (%)	13.8			10.2		
Número de sementes Vagem ⁻¹						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	2.08	2.05	1.93	2.55 ^{ns}	2.57	2.38
0.30	1.99	2.16	2.04	2.49	2.61	2.33
0.45	2.09	2.17	2.09	2.51	2.48	2.38
0.60	2.27	2.09	1.97	2.53	2.52	2.60
Média	2.11 ab	2.12 a	2.01 b	2.42	2.52	2.54
C.V. (%)	5.9			5.9		
Massa de mil sementes (g)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	160.268 a	154.238 a	129.597 b	165.313 a	163.945 a	150.553 b
0.30	162.682 a	153.277 b	134.680 c	171.542 a	171.394 a	153.699 b
0.45	169.303 a	152.102 b	129.625 c	175.650 a	170.569 b	158.869 c
0.60	164.010 a	152.133 b	126.954 c	174.954 a	168.584 b	156.125 c
Média	164.066	152.937	130.214	171.865	168.623	154.811
C.V. (%)	2.7			1.1		
Produtividade (kg ha ⁻¹)						
	Safr 2015/17			Safr 2016/17		
0.17	5347	4395	3430	4660	4202	4996
0.30	5022	4610	3539	5541	5186	4954
0.45	4828	4077	3812	4764	4252	4951
0.60	5571	3666	3357	4182	4134	4386
Média	5192 a	4187 b	3534 c	4787 ab	4444 b	4822 a
C.V. (%)	14.9			9.1		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. (A – NS 5959 IPRO; B – NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RR; E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação)

Conforme o aumento do espaçamento entre as linhas de semeadura, de forma geral, ocorreu redução dos componentes de rendimento da cultura e consequentemente produtividade de grãos, em ambas as safras do experimento, com exceção ao número de sementes por vagem (Figura 3). O número de sementes por vagem (Figura 3C e 3D) é um componente do rendimento que sofre pouca influência das práticas de manejo adotados com relação a distribuição de plantas na área, as alterações no rendimento de grãos, frequentemente, são devidas principalmente as variações que ocorrem no número de vagens por planta (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a). O número de vagens por planta apresentou, na safra 2015/16 (Figura 3A) para todos os genótipos, tendência quadrática de resposta ao aumento do espaçamento entre linhas, apresentando um máximo desempenho no espaçamento de 0,30 m com significativa redução nos espaçamentos subsequentes. O espaçamento de 0,30 m apresentou número de vagens 33,7% superior que o maior espaçamento estudado.

Para a safra 2016/17 (Figura 3B), constata-se que os genótipos apresentaram comportamentos distintos, onde o genótipo NA 5909 RR apresentou tendência linear de redução conforme o aumento do espaçamento entre linhas de semeadura, sendo assim o menor espaçamento estudado (0,17 m) apresentou número de vagens 26,5% superior que o maior espaçamento estudado (0,60 m). Já o genótipo NS 6006 IPRO apresentou uma tendência de resposta quadrática com um ponto de máxima no espaçamento de 0,45 m, apresentando número de vagens 2,1% superior ao maior espaçamento estudado. O genótipo NS 5959 IPRO não apresentou efeito significativo dos diferentes espaçamentos estudados. Neste sentido, vale salientar que todos os genótipos em ambas as safras do estudo, com exceção somente para o NS 5959 IPRO na segunda safra, apresentaram uma tendência de redução do número de vagens por planta conforme o aumento do espaçamento. Estes resultados se devem a que o número de vagens por plantas é determinado no período entre o florescimento até a formação completa das vagens, em que plantas com maior aporte fotossintético e consequentemente maior assimilação de dióxido de carbono apresentam maior pegamento e formação de vagens (GLIER et al., 2015). Neste sentido plantas de soja cultivadas sob espaçamentos entre linhas reduzidos apresentam maior índice de área foliar nos estádios de pleno florescimento (R2) e início do enchimento de grãos (R5) resultando no pegamento de um número maior de vagens, o que pode ocasionar reflexos na produtividade de grãos (MATSUO et al., 2017).

Para a massa de mil sementes, observa-se que na safra 2015/16 (Figura 3E) apenas o genótipo NS 6006 IPRO apresentou efeito significativo dos diferentes espaçamentos, com redução linear da massa das sementes conforme o aumento do espaçamento entre linhas. No espaçamento de 0,17 m o referido genótipo apresentou massa de mil sementes 1,4% superior ao espaçamento de 0,60 m. Os demais genótipos não apresentaram influência do espaçamento entre linhas no acúmulo de fotoassimilados nos grãos para esta safra. Na safra 2016/17 (Figura 3F), para a massa de mil sementes, o efeito dos diferentes espaçamentos entre linhas estudados foi mais evidente, onde todos os genótipos responderam de forma quadrática conforme o aumento do espaçamento entre as linhas de semeadura. Para os genótipos NS 5959 IPRO e NA 5909 RG o ponto de máxima foi atingido no espaçamento de 0,45 m e para o genótipo NS 6006 IPRO o ponto de máxima foi atingido no espaçamento de 0,30 m. A diferença média dos três genótipos entre os pontos de máxima massa de mil sementes e os pontos de menor massa de mil sementes (0,17 m) corresponde a 5,4%.

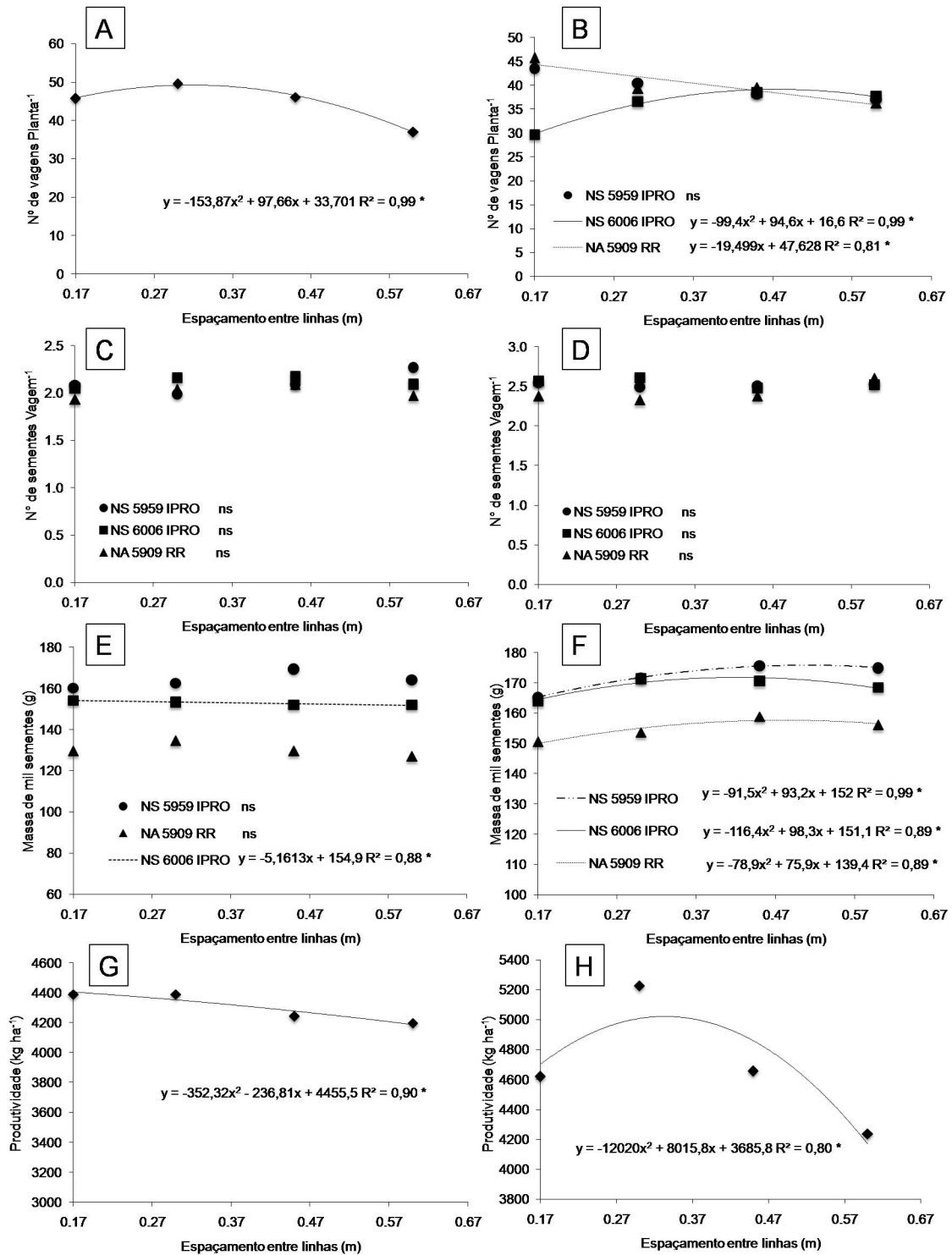


Figura 3. Número de vagens (A-2015/16, B-2016/17) e sementes (C-2015/16, D-2016/17) por planta, massa de mil sementes (E-2015/16, F-2016/17) e produtividade (G-2015/16, H-2016/17) de três genótipos de soja cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

ns – não significativo

* significativo a 5% de probabilidade

Sendo assim, somando-se os efeitos nos componentes do rendimento da cultura, o espaçamento entre linhas de cultivo apresentou efeito significativo na produtividade de grãos de soja nas duas safras em estudo para todas as cultivares estudadas (Figura 3G e 3H). Na safra 2015/16 (Figura 3G) pode-se observar que conforme o aumento do espaçamento entre linhas, dentro do intervalo estudado, houve redução quadrática na produtividade da cultura dos três genótipos em estudo com um máximo no espaçamento de 0,17 m. Nesta safra do estudo, o espaçamento de 0,17 m apresentou produtividade de 4,6% superior ao espaçamento de 0,60 m, o que corresponde a um aumento de, em média, 3,2 sacos por hectare nas condições do presente estudo.

Para a safra 2016/17 (Figura 3H), também pode-se observar um comportamento quadrático de resposta ao aumento do espaçamento entre linhas, atingindo um máximo no espaçamento de 0,30 metros para os três genótipos em estudo. No espaçamento de 0,30 metros a produtividade, na média dos três genótipos, foi 23,4% superior ao espaçamento de 0,60 m. Na safra 2016/17 (Figura 3H), pode-se observar maior distinção entre as médias de produtividade de cada espaçamento quando comparado a safra 2015/16 (Figura 3G). Resultado este, contrário ao esperado devido ao curto período de tempo de desenvolvimento vegetativo na safra de 2016/17. Entretanto, vale salientar, a ocorrência frequente de chuvas no período que antecedeu a colheita na safra de 2015/16, conforme pode ser observado na Figura 1A, o que pode ter ocasionado a perda de massa das sementes, que pode ser observada ao comparar a massa de mil sementes das distintas safras (Tabela 2).

Quando utilizados espaçamentos entre linhas reduzidos, ocorre melhor distribuição de plantas na área de cultivo, podendo promover um melhor aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis para o desenvolvimento da planta resultando em maior produtividade da lavoura (BALBINOT JUNIOR et al., 2015; JARDIM ROSA et al., 2016; MATSUO et al., 2017; VITORINO et al., 2017). As plantas cultivadas nos espaçamentos reduzidos apresentaram maior desempenho nos componentes do rendimento, pois, de forma geral, o número de vagens por planta como também a massa de mil sementes e por final a produtividade de grãos são fortemente influenciados pela fotossíntese líquida no período que vai da floração até o final do enchimento de grãos (GLIER et al, 2015). E plantas de soja cultivadas em espaçamentos reduzidos apresentam maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa durante o seu ciclo produtivo resultando no maior

pegamento de vagens, acúmulo de fotoassimilados nos grãos e produtividade (SILVA et al., 2013).

O desempenho superior das plantas em espaçamentos reduzidos é construído durante todo o ciclo da cultura da soja, resultando em plantas ao final do ciclo com maior produtividade. Entretanto, vale salientar que as condições ambientes são determinantes para que as plantas possam expressar todo seu potencial produtivo e efetivamente apresentar a resposta das alterações realizadas no seu manejo. A utilização de espaçamentos reduzidos na cultura da soja proporcionando um melhor arranjo entre as plantas na lavoura é uma prática de manejo promissora, entretanto, são necessários o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para esta condição de manejo, a exemplo, genótipos mais adaptados a tal condição (MATSUO et al., 2017).

2.4. Conclusões

A utilização de espaçamentos reduzidos, de 0,17 e 0,30 metros, para a cultura da soja proporciona plantas de maior altura e diâmetro do caule, entretanto não promove grandes alterações no número de ramificações, e estes resultados são dependentes das condições ambientais de cultivo e do genótipo.

Plantas de soja cultivadas sob espaçamentos reduzidos, de 0,17 e 0,30 metros, apresentam desempenho produtivo superior e essa resposta é dependente do ambiente de produção.

2.5. Referências

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H. FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adução e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11° ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 400pp. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/2020**: Nono levantamento – junho/2020. Brasília, DF: Conab, 2020.

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.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (SpecialReport 80).

FIOREZE, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob deficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013.

GLIER, C. A. S.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; FACHIN, G. M.; COSTA, A. C. T.; GUIMARÃES, V. F.; MROZINSKI, C. R. Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 567-573, 2015.

GUBIANI, P. I.; MÜLLER, E. A.; SOMAVILLA, A.; ZWIRTES, A. L.; MULAZZANI, R. P.; MARCHESAN, E. Transpiration reduction factor and soybean yield in low land soil with ridge and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, 2018.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

JARDIM ROSA, C. B. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; SOUZA, L. C. F.; ENSINAS, S. C.; SILVA, E. F.; LOURENTE, E. R. P.; DUPAS, E.; MORAES, E. M. V.; MATTOS, F. A.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; EL KADRI, T. C.; JESUS, M. V. Soybean agronomic performance in narrow and wide row spacing associated with NPK fertilizer under no-tillage. **African Journal Agricultural Research**, v. 11, n. 32, p. 2947-2956, 2016.

LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agrícola**, v. 71, n. 3, p. 181-187, 2014.

MARCHESAN, E.; TONETTO, F.; TELÓ, G. M.; COELHO, L. L.; ARAMBURU, B. B.; TRIVISOL, V. S. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v.47, n.11, 2017.

MATSUO, N.; TAKAHASHI, M.; YAMADA, T.; TAKAHASHI, M.; HAJIKA, M.; FUKAMI, K.; TSUCHIYA, S. Effects of water table management and row width on the growth and yield three soybean cultivars in southwestern Japan. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 85–97, 2017.

MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Revista de Agricultura**, v. 19, n. 3, p. 216-219, 2016.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p.146-153, 2013.

VITORINO, H. S.; JUNIOR, A. C. S.; GONÇALVES, C. G.; MARTINS, D. Interference of a weed community in the soybean crop in functions of sowing spacing. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 4, p. 605-613, 2017.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; PAULA, G. M.; TOMIOZZO, R.; COSTA, L. C.; FENSTERSEIFER, C. A.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CARDOSO, A. P.; WEBER, P. S.; BEXAIRA, K. P. Growth habit effect on development of modern soybean cultivars after beginning of Bloom in Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p.446-458, 2016.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 400-411, 2015.

3. CAPÍTULO 02 - Qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes distribuições de plantas no campo

3.1. Introdução

Os produtores de sementes de soja no Brasil estão, a cada safra, mais sedentos por novas tecnologias para disponibilizar ao mercado um produto competitivo da mais alta qualidade, em um universo a cada dia mais dinâmico. Dentre os atributos da qualidade de sementes, o atributo fisiológico é aquele que envolve o metabolismo da semente para expressar todo o seu potencial, e que é quantificado e/ou avaliado através das análises de germinação e vigor (PESKE et al., 2012).

A utilização de sementes de soja de elevada qualidade fisiológica, ou seja, de elevada germinação e vigor, é o pontapé inicial em uma lavoura para a obtenção dos mais altos índices de produtividade, permitindo o genótipo expressar todo o seu potencial produtivo (ROSSI et al., 2017; DÖRR et al., 2018; BAGATELI et al., 2019). Sementes de elevada qualidade fisiológica proporcionam a formação mais rápida e uniforme do estande de plantas desejado (SCHEEREN et al., 2010), com um maior crescimento inicial de plantas (KOLCHINSKI et al., 2006), acarretando na maior produtividade de grãos ao final do ciclo (ROSSI et al., 2017; DÖRR et al., 2018; BAGATELI et al., 2019).

Entretanto, a produção de sementes de soja de elevada qualidade fisiológica é um desafio a ser superado por produtores de sementes, pois a qualidade fisiológica de sementes é afetada por diversos fatores no campo, sendo principalmente de ordem climática, nutricional e sanitária devido ao ataque de insetos e microorganismos (FRANÇA-NETO et al., 2018). A produção de sementes de soja na região sul do Rio Grande do Sul, apresenta peculiaridades especiais, devido principalmente as suas condições de solos com freqüentes períodos de alagamento, associado a elevada umidade relativa do ar e altas temperaturas (LUDWIG et al., 2015). Sendo assim, tecnologias e estratégias de manejo devem ser desenvolvidas possibilitando a

produção de sementes de soja com elevada germinação e vigor nesta região. Modificações na disponibilidade hídrica, nutricional e na interceptação da radiação solar podem ser estratégias interessantes para a produção de sementes de qualidade fisiológica superior (CARVALHO et al., 2015; ZAMBIAZZI et al., 2017; MARIN et al., 2015). Com base nisso, a distribuição de plantas em um campo de produção de sementes de soja pode ser uma ferramenta interessante a ser utilizada, pois plantas de soja cultivadas sob diferentes arranjos em campo apresentam distintas condições de crescimento, o que promove a produção de sementes com modificações na constituição nutricional, inclusive diferenças relacionadas ao teor de estaquiose e rafinose (SILVA et al., 2013; RAGIN et al., 2014; BELLALLOUI et al., 2015, MATSUO et al., 2017). Estes oligossacarídeos estão relacionados com o processo de aclimação das sementes ortodoxas, caso da soja, para suportar melhor o estresse da dessecação sem acarretar em grandes prejuízos a qualidade fisiológica de sementes (PESKE et al., 2012).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho fisiológico de sementes de genótipos de soja produzidas sob diferentes distribuições de plantas.

3.2. Material e métodos

O estudo foi desenvolvido junto ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas e o experimento realizado a campo em duas safras agrícolas (Safrá 2015/2016 e safrá 2016/2017). O local de realização do experimento é no Distrito de Monte Bonito - Pelotas (RS-Brasil), com as coordenadas geográficas 31° 40' 27"S e 52°23' 28"W. Os dados climáticos diários de precipitação e temperatura máxima, média e mínima diária, referentes ao período de duração dos ensaios, foram coletados na estação meteorológica da EMBRAPA/UFPel, situada próxima ao local do experimento com as coordenadas geográficas 31° 52' 00" S e 52°23' 28"W, e estão ilustrados na Figura 1.

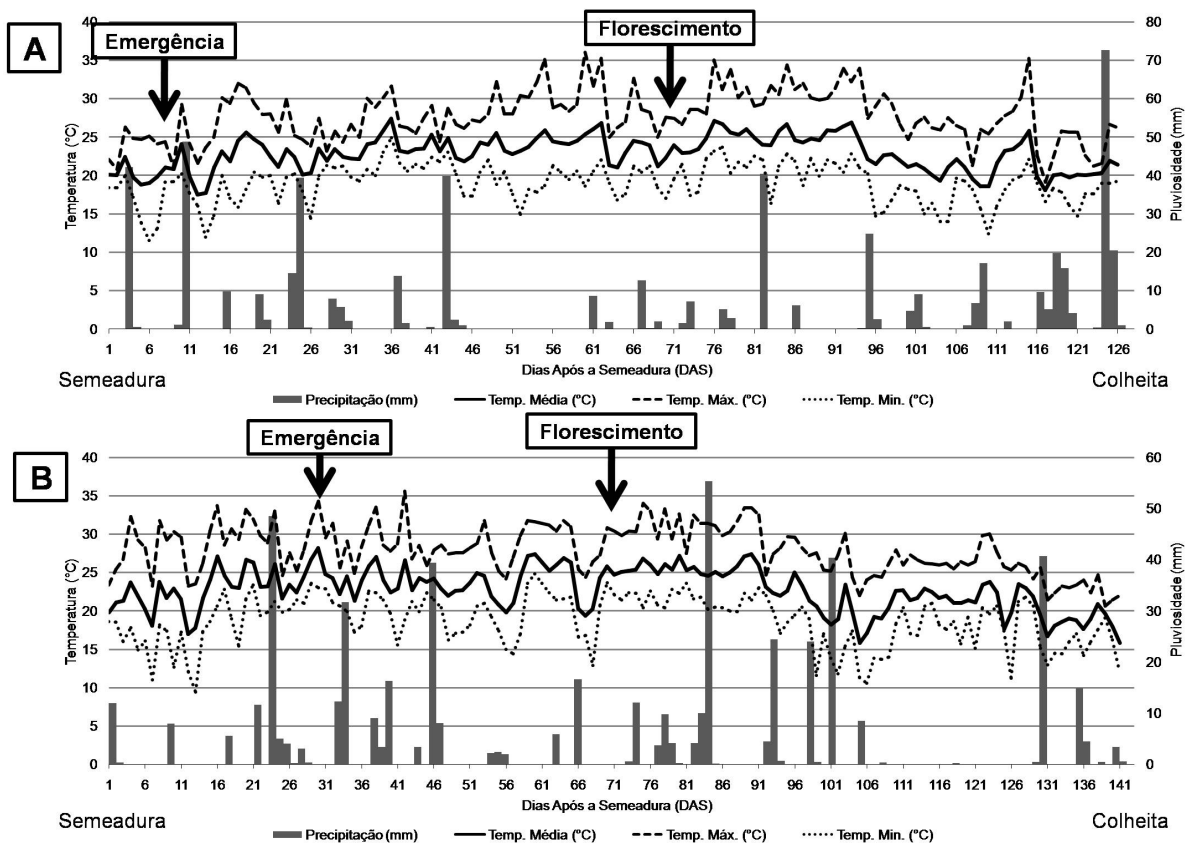


Figura 1. Temperatura máxima (Temp. Máx.), temperatura mínima (Temp. Mín.), temperatura média (Temp. Média) e precipitação durante o período de realização dos experimentos a campo (A – safra 2015/2016, B – safra 2016/2017), Pelotas – RS. Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas (EMBRAPA/UFPel).

O experimento constituiu-se de doze tratamentos envolvendo dois fatores: fator A – 3 genótipos de soja (NA 5909 RR, NS 5959 IPRO, NS 6006 IPRO) e fator B – 4 espaçamentos entre linhas (0,17; 0,30; 0,45 e 0,60 metros). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, com quatro blocos. Cada parcela teve a dimensão de 2,4 metros de largura e 4 metros de comprimento, para as avaliações foram descartados 0,6 metros de cada lado da parcela e 0,5 metros de cada extremidade para servir de bordadura.

O solo da área foi preparado com uma aração e duas gradagens, de modo a reduzir a presença de torrões e impedimentos à emergência das plântulas. Previamente, foi realizada uma amostragem do solo da área do ensaio para ser enviada a um laboratório de análise de solo. Posteriormente, de posse da análise do solo realizou-se a adubação de acordo com as recomendações da CFQS RS/SC (Comissão de Fertilidade e Química do Solo – RS/SC, 2016) para a cultura da soja, incorporando os nutrientes ao solo no momento da sementeira.

A semeadura foi realizada de forma manual em sulcos, em uma densidade de semeadura de 50 sementes por metro. Posteriormente, foi realizado o raleio de plantas buscando adequar o espaçamento entre plantas na linha de acordo com o espaçamento na entre linha de cada parcela, mantendo a mesma população de plantas por área. A população de plantas utilizada para a realização do experimento foi de 330 mil plantas hectare⁻¹, buscando assim atender a recomendação de população de plantas de todos os genótipos.

Os tratos culturais e de controle fitossanitário foram realizados de acordo com as Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. E quando as plantas atingiram o estágio fenológico de R8, segundo a escala de Fehr & Caviness (1977), realizou-se a colheita manual das sementes para avaliação da sua qualidade fisiológica através dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e matéria seca de parte aérea, radicular e total de plântulas, envelhecimento acelerado e emergência em campo.

A germinação foi realizada com quatro subamostras de 50 sementes para cada unidade experimental, colocadas em substrato de papel de germinação "germitest", previamente umedecido em água destilada utilizando-se 2,5 vezes a massa do papel seco em massa de água, e mantido à temperatura de 25 °C. As avaliações foram efetuadas conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. A primeira contagem da germinação constou da determinação da porcentagem de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura e germinação aos oito dias após a semeadura.

O comprimento de raiz, parte aérea e total foi realizado com quatro subamostras de 20 sementes por repetição, sendo distribuídas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada utilizando-se 2,5 vezes a massa do papel seco, e mantido em germinador a 25 °C, por cinco dias (NAKAGAWA, 1999). Sobre o papel toalha umedecido foi traçado uma linha no terço superior, na direção longitudinal, onde as sementes foram colocadas direcionando-se a micrópila para baixo. O comprimento de parte aérea, radicular e total de 10 plântulas consideradas normais foi determinado ao final do quinto dia, com o auxílio de régua milimetrada.

Após a determinação do comprimento de plântulas e suas partes, foi realizada a determinação da massa matéria seca de parte aérea, radicular e total das mesmas 10 plântulas. A metodologia utilizada para a determinação da matéria seca de

plântulas foi a de estufa a 70°C mantendo as plântulas até o peso constante, sendo pesadas em balança analítica.

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado utilizando caixas do tipo gerbox com tela metálica horizontal fixada na posição mediana. Foram adicionados 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa gerbox, e sobre a tela foram distribuídas as sementes de cada repetição a fim de cobrir a superfície da tela, constituindo uma única camada. Em seguida, as caixas contendo as sementes foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41 °C, onde permaneceram por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente e a contagem realizada ao quinto dia após a semeadura.

A análise de emergência de plântulas em campo foi realizada com 100 sementes por unidade experimental, as quais foram semeadas em 2 sulcos de 1,0 m de comprimento e 3,0 cm de profundidade, com espaçamento entre sulcos de 20 cm, em condições de campo, sem irrigação. A porcentagem de plântulas normais emergidas foi computada no vigésimo primeiro dia após a semeadura. Considerou-se como plântula emergida, as que possuíram cotilédones totalmente expandidos para fora do solo.

Após a coleta dos dados, foi realizada a sua tabulação e verificação das pressuposições da análise de variância. Atendidas as pressuposições da análise de variância, os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F a 5% de probabilidade o fator qualitativo (genótipo) foi submetido ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (espaçamento) foi feita a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (2014).

3.3. Resultados e discussão

De acordo com os resultados das diferentes avaliações realizadas, constata-se que os diferentes distribuições de plantas exercem influência sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Sementes produzidas sob diferentes espaçamentos entre plantas no campo apresentam diferenças significativas de

germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, emergência a campo, comprimento e matéria seca de plântulas e estes resultados foram dependentes do ambiente de produção (safra).

Na safra agrícola 2015/16, no período precedente a colheita, pode-se observar temperaturas pouco mais elevadas com picos atingindo os 35 °C e chuvas frequentes ocasionando deterioração no campo e redução da qualidade fisiológica das sementes produzidas de forma geral (Figura 1, Tabela 1). Nesta safra também foi possível observar maiores efeitos dos diferentes arranjos entre plantas estudados quando comparado a safra 2016/17, em que o ambiente foi mais propício para a produção de sementes de elevada qualidade fisiológica.

Os resultados de germinação das sementes produzidas na safra 2015/16, não apresentam interação entre os fatores em estudo, observa-se apenas efeito isolado do genótipo e do espaçamento entre linhas (Tabela 1). Com relação ao espaçamento entre as linhas de cultivo observou-se, na média de todos os genótipos, redução linear conforme o aumento do espaçamento, dentro do intervalo estudado de 0,17 a 0,60 metros (Figura 2B). As sementes produzidas sob o espaçamento de 0,60 m apresentaram, em média, redução de 15% no potencial de germinação comparativamente as sementes produzidas sob o espaçamento de 0,17 m. Na média de germinação de cada genótipo, observa-se que os genótipos NS 5959 IPRO e NA 5909 RR são semelhantes e apresentam germinação superior ao genótipo NS 6006 IPRO, que não atingiu o padrão mínimo exigido para comercialização no Brasil de 80% de germinação (Tabela 1).

Tabela 1. Germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência a campo de amostras de sementes de genótipos de soja produzidos sob diferentes espaçamentos entre linhas, em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

E. L. (m)	Genótipo de plantas					
	A	B	C	A	B	C
Germinação (%)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	86.0	71.0	89.0	99.0 a	96.0 a	98.0 a
0.30	81.0	61.0	95.0	96.0 a	96.0 a	97.0 a
0.45	78.0	67.0	89.0	97.0 ab	95.0 b	99.0 a
0.60	90.0	45.0	76.0	97.0 a	91.0 b	98.0 a
Média	84.0 a	61.0 b	87.0 a	97.0	94.0	98.0
C.V. (%)	19.4			2.0		
Primeira Contagem de Germinação (%)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	70.0 ab	56.0 b	80.0 a	97.0	95.0	96.0
0.30	61.0 b	35.0 c	84.0 a	95.0	93.0	95.0
0.45	62.0 b	38.0 c	83.0 a	94.0	94.0	97.0
0.60	78.0 a	29.0 b	66.0 a	94.0	89.0	97.0
Média	68.0	40.0	78.0	95.0 ab	93.0 b	96.0 a
C.V. (%)	17.8			2.6		
Envelhecimento Acelerado (%)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	81.0	53.0	85.0	91.0 ^{ns}	93.0	91.0
0.30	75.0	35.0	90.0	91.0	94.0	92.4
0.45	68.0	43.0	85.0	89.0	92.0	92.0
0.60	85.0	27.0	65.0	88.0	90.0	91.0
Média	77.0 a	40.0 b	82.0 a	90.0	92.0	91.0
C.V. (%)	22.9			3.8		
Emergência a campo (%)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	73.0	62.0	78.0	92.0	92.0	92.0
0.30	77.0	46.0	88.0	92.0	96.0	91.0
0.45	70.0	52.0	85.0	90.0	96.0	92.0
0.60	81.0	39.0	67.0	91.0	98.0	93.0
Média	76.0 a	50.0 b	80.0 a	92.0 b	96.0 a	92.0 b
C.V. (%)	19.8			3.1		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. (A – NS 5959 IPRO; B - NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RG; E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação)

Já, para as sementes produzidas na safra 2016/17, os resultados de germinação de sementes apresentaram interação entre os fatores em estudo. Nesta safra, possivelmente devido às condições climáticas, os percentuais de germinação das sementes produzidas independente dos espaçamentos e genótipos apresentaram índices bastante elevados. Neste sentido, observa-se que o único genótipo que apresentou redução da germinação conforme o aumento do espaçamento entre linhas foi o NS 6006 IPRO (Figura 14), resultando em sementes de menor germinação nos espaçamentos de 0,45 e 0,60 m comparativamente aos demais genótipos em estudo (Tabela 12).

Com relação a primeira contagem de germinação, observa-se que para a safra 2015/16 houve interação entre os fatores em estudo (Tabela 1 e Figura 2). Para o genótipo NS 6006 IPRO, se observarmos as médias no gráfico, é possível constatar que ocorreu uma redução na primeira contagem da germinação conforme o aumento do espaçamento entre as linhas, entretanto não houve ajuste para uma linha de tendência. Já para os demais genótipos observa-se uma tendência quadrática de resposta ao aumento do espaçamento. O genótipo NS 5959 IPRO apresentou tendência quadrática de elevação da primeira contagem da germinação e o NA 5909 RR apresentou tendência quadrática de redução, conforme o aumento do espaçamento entre as linhas de semeadura. Estes resultados não refletiram no potencial de germinação, entretanto podem ser um indicativo de diferenças quanto ao vigor de sementes específico para cada genótipo.

Os dados de primeira contagem de germinação, coletados na safra 2016/17, não apresentaram interação entre os fatores em estudo (Tabela 1.). Também não foi possível identificar efeito do espaçamento entre as linhas de cultivo, somente identificou-se efeito do genótipo, onde o genótipo NA 5909 RR apresentou maior primeira contagem de germinação que o genótipo NS 6006 IPRO, e o genótipo NS 5909 IPRO apresentou-se de forma intermediária não diferindo dos demais (Tabela 1.).

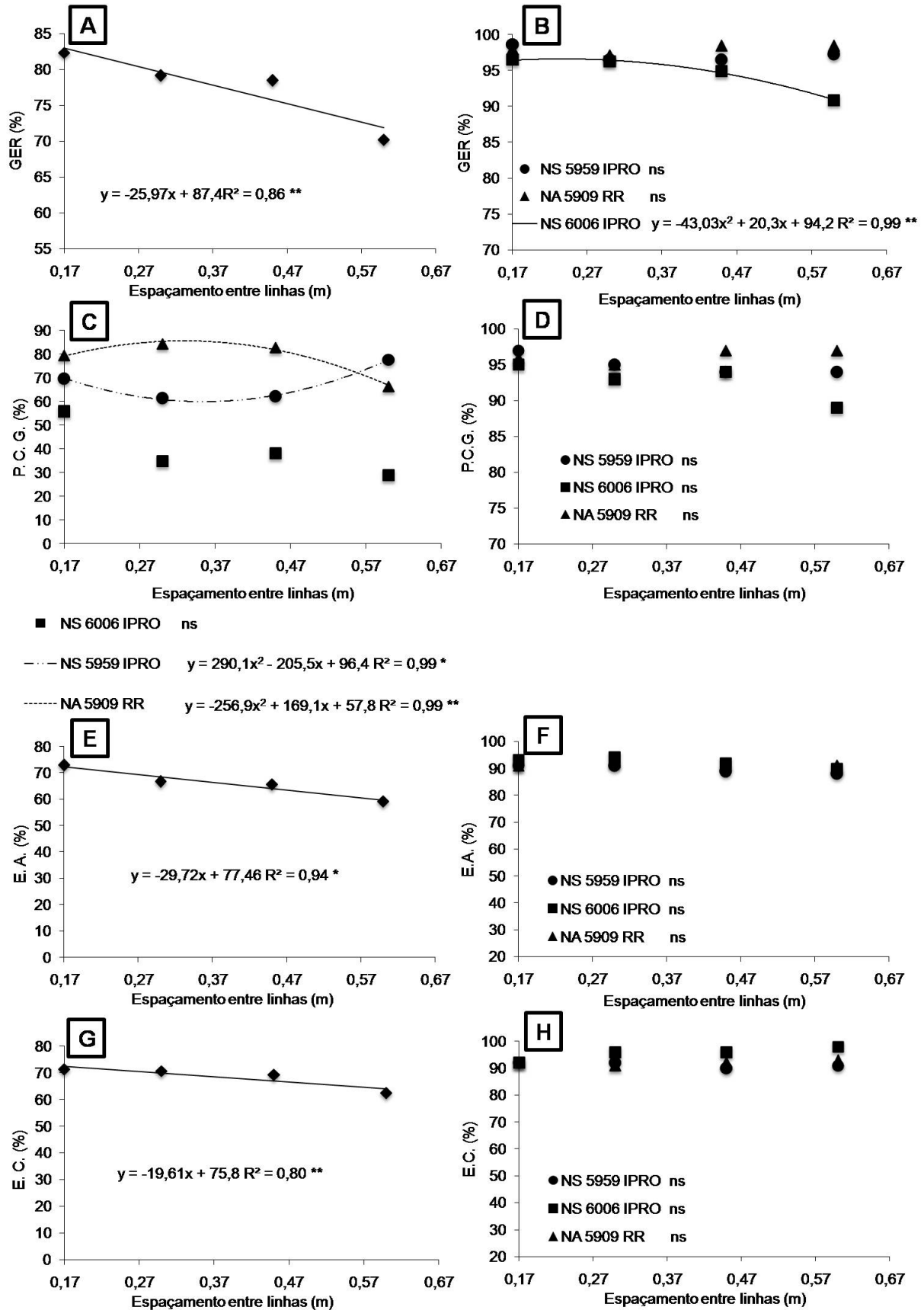


Figura 2. Germinação (GER, A-2015/16, B-2016/17), primeira contagem de germinação (P.C.G., C-2015/16, D-2016/17), envelhecimento acelerado (E.A., E-2015/16, F-2016/17) e emergência a campo (E.C., G-2015/16, H-2016/17) de sementes de três genótipos de soja produzidos sob diferentes espaçamentos entre linhas, em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

De acordo com os dados de envelhecimento acelerado (Tabela 12), observa-se um comportamento semelhante aos dados do potencial de germinação. Na safra 2015/16 não foi possível identificar interação entre os fatores em estudo, constata-se somente efeitos isolados do espaçamento entre linhas e dos genótipos em estudo. Para os genótipos, nota-se que o genótipo NS 6006 IPRO, novamente apresentou desempenho inferior aos demais. Com relação ao espaçamento entre linhas observou-se que na média dos genótipos nos diferentes espaçamentos, ocorreu uma tendência linear de redução, semelhante ao que ocorreu no teste de germinação, entretanto no envelhecimento acelerado o grau de declinação da reta é superior. As sementes produzidas no espaçamento de 0,60 m apresentaram desempenho 19% inferior as sementes produzidas no espaçamento de 0,17 m. Este resultado é devido ao teste de envelhecimento acelerado ser mais sensível a diferenças de qualidade fisiológica que o teste de germinação, identificando assim maiores distinções entre as sementes produzidas (SANTORUM et al., 2013).

Para a safra 2016/17, também não identificou-se interação significativa e os efeitos isolados dos fatores em estudo para os resultados de envelhecimento acelerado. Estes resultados são semelhantes aos observados nos testes de germinação e primeira contagem de germinação. Onde, na safra 2016/17, as diferenças entre as sementes produzidas nos diferentes espaçamentos foram atenuadas.

Para a emergência a campo, novamente somente observou-se efeito significativo dos espaçamentos entre linhas na safra 2015/16. Neste sentido, semelhante aos demais testes realizados, na referida safra, conforme o aumento do espaçamento entre linhas ocorre redução do desempenho das sementes. Com relação ao efeito qualitativo dos genótipos observa-se que na safra 2015/16 as cultivares NS 5959 IPRO e NA 5909 RG foram superiores e na safra 2016/17 a cultivar NS 6006 IPRO apresentou maior emergência a campo que as demais.

De forma geral, para as variáveis germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência a campo, na primeira safra do experimento foi possível identificar efeitos significativos do espaçamento entre linhas de semeadura no desempenho das sementes para estas análises. Entretanto, para a segunda safra, estas diferenças foram minimizadas. Estes resultados podem estar relacionados ao efeito do ambiente, que na primeira safra apresentou chuvas frequentes durante a maturação, ocasionando maior deterioração na pré colheita, e já

para a segunda safra, ocorreu um ambiente com chuvas menos frequentes e temperaturas amenas, ou seja, ambiente mais favorável a produção de sementes, ocasionando menor deterioração a campo (BUESO et al., 2017).

Plantas de soja cultivadas sob espaçamentos reduzidos apresentam melhor aproveitamento dos nutrientes minerais e água no solo, melhor aproveitamento da radiação solar disponível resultando na produção de sementes com maiores teores de oligossacarídeos solúveis, os chamados protetores celulares, principalmente a estaquiose e rafinose (SILVA et al., 2013; RAGIN et al., 2014; BELLALLOUI et al., 2015, MATSUO et al., 2017).

Os mecanismos que atuam reduzindo a deterioração das sementes no campo ainda não estão bem esclarecidos, alguns estudos relacionam com características estruturais do tegumento ou da testa, alterações moleculares relacionadas a mutações genéticas, alterações nos sistemas proteção e reparo celular, e ainda com concentrações hormonais na semente (BUESO et al., 2017). Neste sentido, Bellaloui et al. (2015), observaram que sementes de soja produzidas sob espaçamentos reduzidos apresentaram maior concentração de estaquiose e rafinose. Estes oligossacarídeos solúveis estão envolvidos na proteção das membranas celulares durante o processo de desidratação das sementes, através da estabilização das mesmas (PESKE et al., 2012). Entretanto, a maior concentração destes açúcares nas sementes não resulta necessariamente em sementes com maior germinação e vigor (DIERKING & BILYEU, 2009). Por isso, possivelmente, somente em anos com ambiente que favoreça o processo deteriorativo de sementes no campo a melhor distribuição das plantas na área apresenta efeito favorável a qualidade fisiológica de sementes. Em anos com ambiente favorável a produção de sementes de elevada qualidade fisiológica essas diferenças não são observadas, pois a maior concentração dos açúcares solúveis por si só não promove necessariamente a germinação e o vigor de sementes.

Sendo assim, em um ambiente de estresse oxidativo elevado, ou seja, chuvas freqüentes após a maturidade fisiológica associado a temperaturas elevadas, semelhante ao que ocorreu na primeira safra do experimento, as sementes produzidas sob espaçamentos reduzidos podem apresentar maior capacidade de suportar estes problemas na pré-colheita, por terem sido produzidas por plantas que aproveitam melhor os recursos disponíveis no ambiente, resultando na produção de sementes com maior vigor.

De forma geral, com os resultados de qualidade fisiológica de sementes dos dois anos do experimento pode-se inferir que o genótipo NS 6006 IPRO apresenta maior sensibilidade as condições de cultivo e ambientais para a qualidade fisiológica de sementes. Pois, na primeira safra foi o genótipo que apresentou a mais baixa qualidade fisiológica de sementes e na segunda safra foi o único genótipo que apresentou efeito significativo na germinação, entre os diferentes espaçamentos entre linhas estudados. Para a produção de sementes de alta qualidade, o efeito de genótipo é significativo, contudo, os efeitos da interação entre genótipo e ambiente são determinantes, o que significa que em anos distintos podemos ter respostas diferenciais para cada genótipo em estudo (BORNHOFEN et al., 2015).

Com relação ao crescimento das plântulas no laboratório, novamente observa-se maiores efeitos do espaçamento entre linhas na safra 2015/16 comparativamente a safra 2016/17. Na safra 2015/16 observa-se efeito do espaçamento entre as linhas de cultivo no comprimento total de plântula e de suas raízes, conforme o aumento do espaçamento entre linhas observa-se uma tendência quadrática de redução do desempenho das plântulas na média de todos os genótipos. Entretanto, se analisarmos a matéria seca das raízes observa-se que conforme o aumento do espaçamento entre linhas ocorreu uma tendência linear de aumento da matéria seca, porém o ângulo de inclinação bastante baixo, de tal maneira que não chegou a impactar na matéria seca total da plântula.

Tabela 2. Comprimento total, de parte aérea e radicular de plântulas oriundas de amostras de sementes de genótipos de soja produzidos sob diferentes espaçamentos entre linhas, em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

E. L. (m)	Genótipo de plantas					
	A	B	C	A	B	C
Comprimento Total de Plântulas (mm)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	156.0	144.0	171.0	175.0	172.0	195.0
0.30	154.0	134.0	185.0	165.0	186.0	184.0
0.45	162.0	126.0	170.0	171.0	183.0	187.0
0.60	152.0	112.0	166.0	164.0	220.0	173.0
Média	156.0 b	129.0 c	173.0 a	169.0 b	190.0 a	185.0 ab
C.V. (%)	8.7			13.4		
Comprimento de Parte Aérea de Plântulas (mm)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	74.0	67.0	75.0	72.0	80.0	91.0
0.30	74.0	64.0	89.0	73.0	74.0	91.0
0.45	76.0	63.0	84.0	73.0	84.0	89.0
0.60	71.0	56.0	83.0	71.0	79.0	87.0
Média	73.0 b	62.0 c	83.0 a	71.0 c	79.0 b	88.0 a
C.V. (%)	8.7			7.0		
Comprimento Radicular (mm)						
	Safr 2015/16			Safr 2016/17		
0.17	83.0	77.0	88.0	108.0 ^{ns}	92.0	97.0
0.30	80.0	70.0	96.0	90.0	113.0	94.0
0.45	87.0	63.0	86.0	98.0	99.0	101.0
0.60	81.0	56.0	83.0	93.0	141.0	87.0
Média	83.0 a	67.0 b	88.0 a	97.0	111.0	95.0
C.V. (%)	12.3			22.4		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. (A – NS 5959 IPRO; B - NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RG; E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação)

Na safra 2016/17, observa-se efeito do espaçamento entre linhas apenas no comprimento total e na massa seca de parte aérea na média de todos os genótipos. Conforme o aumento do espaçamento entre linhas pode-se observar pequenos incrementos com tendência quadrática de resposta no comprimento total das plântulas. Para matéria seca de parte aérea de plântulas também observa-se uma tendência quadrática de resposta, onde inicialmente nos espaçamentos de 0,17 e 0,30 m constata-se um rápido incremento, e posteriormente uma estabilização do aumento da matéria seca seguido por um leve decréscimo para o espaçamento de 0,60 m.

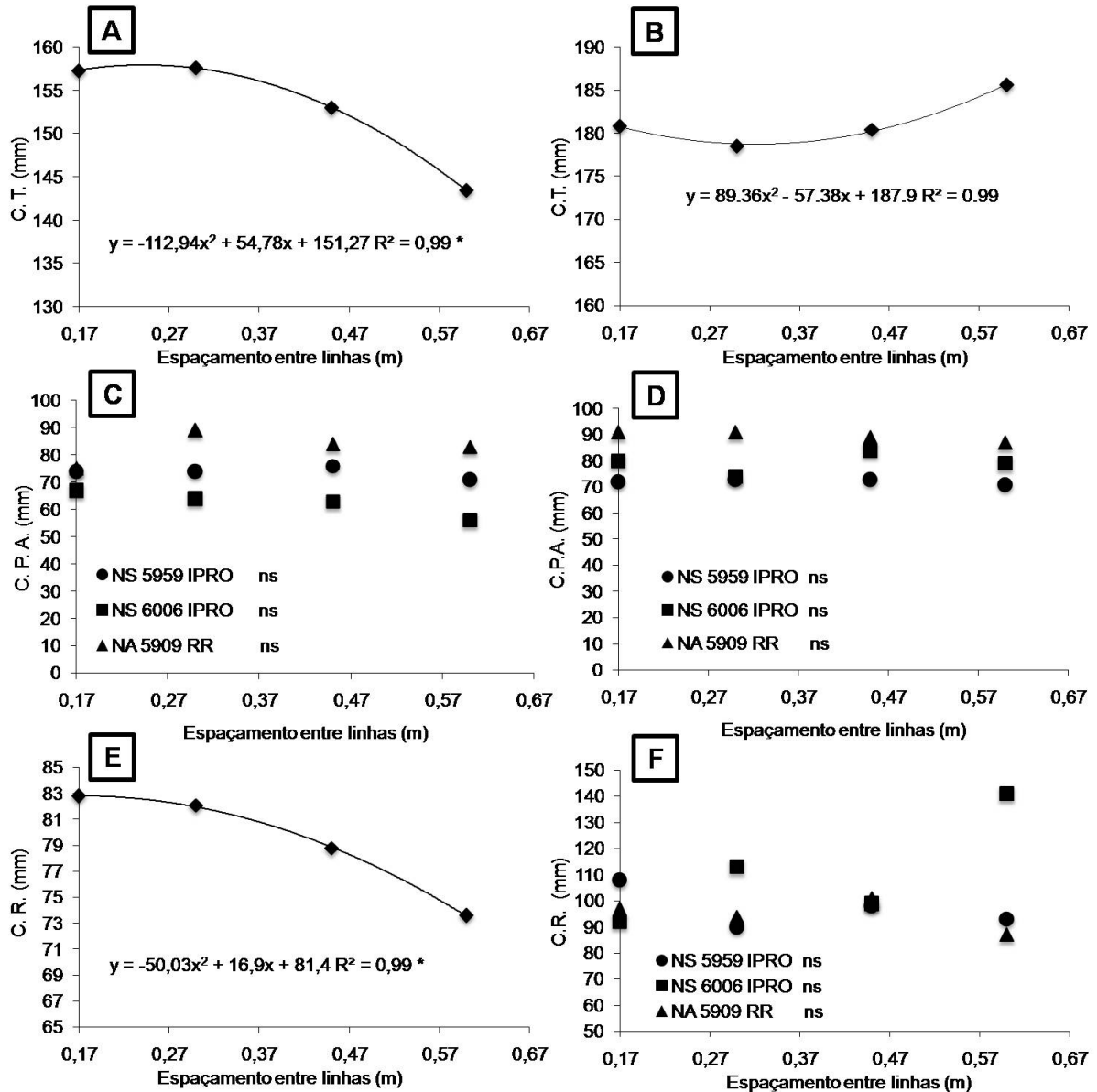


Figura 3. Comprimento total (C.T., A-2015/16, B-2016/17), de parte aérea (C.P.A., C-2015/16, D-2016/17) e radicular (C.R., E-2015/16, F-2016/17) de plântulas oriundas de sementes de três genótipos de soja produzidas sob diferentes espaçamentos entre linhas, em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

Com relação aos genótipos estudados vale a pena salientar que, na safra 2015/16, para as variáveis massa seca total e de parte aérea de plântulas ocorreu interação entre os fatores, o que significa que dependendo do espaçamento em que as sementes foram produzidas um diferente genótipo apresentou maior crescimento de plântulas. Já, para a safra 2016/17, apenas a variável massa seca radicular apresentou interação entre os fatores em estudo.

Tabela 3. Massa seca total, de parte aérea e radicular de plântulas oriundas de amostras de sementes de genótipos de soja produzidos sob diferentes espaçamentos entre linhas, em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

E. L. (m)	Genótipo de plantas					
	A	B	C	A	B	C
Massa Seca Total de Plântulas (mg)						
	Safrá 2015/16			Safrá 2016/17		
0.17	31.1 a	30.8 a	25.1 a	32.1	31.4	30.3
0.30	30.6 a	32.7 a	28.2 a	30.2	32.0	32.0
0.45	33.5 a	25.4 b	28.0 ab	31.0	33.2	31.4
0.60	31.8 a	23.8 b	27.0 ab	30.3	33.4	29.9
Média	31.7	28.2	27.1	30.9 b	32.5 a	30.9 b
C.V. (%)	11.9			5.4		
Massa Seca de Parte Aérea de Plântulas (mg)						
	Safrá 2015/16			Safrá 2016/17		
0.17	21.2 a	20.4 a	19.4 a	22.4	23.1	23.0
0.30	20.2 b	25.0 a	20.0 a	21.7	23.9	24.7
0.45	22.1 a	18.5 a	19.5 a	21.9	24.7	24.0
0.60	20.4 a	17.7 a	19.3 a	22.2	24.4	22.8
Média	21.0	20.4	19.5	22.1 b	24.0 a	23.6 a
C.V. (%)	12.5			6.4		
Massa Seca Radicular (mg)						
	Safrá 2015/16			Safrá 2016/17		
0.17	9.8	10.4	7.3	9.7 a	8.3 b	7.3 c
0.30	10.4	8.2	8.2	8.5 a	8.0 ab	7.3 b
0.45	11.4	9.4	8.5	9.1 a	8.5 a	7.4 b
0.60	13.0	9.3	7.8	8.2 ab	9.0 a	7.3 b
Média	11.1 a	9.3 b	7.9 c	8.9	8.4	7.3
C.V. (%)	14.4			6.6		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. (A – NS 5959 IPRO; B - NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RG; E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação)

Estes resultados de crescimento de plântulas são reflexos do vigor de sementes, na safra 2015/16 os espaçamentos reduzidos promoveram a produção de sementes de maior vigor, e já na safra 2016/17 devido ao ambiente mais favorável e a produção de sementes de elevado desempenho, as respostas foram minimizadas com relação ao espaçamento entre as linhas de cultivo.

De forma geral, com os resultados obtidos no presente estudo, constata-se que em safras onde o ambiente de produção no período que antecede a colheita é caracterizado por temperaturas elevadas e chuvas freqüentes a utilização de espaçamentos reduzidos na cultura da soja favorece a produção de sementes de mais

alta qualidade fisiológica, comparativamente a sementes produzidas em espaçamentos maiores. Entretanto, se o ambiente de produção é favorável, ou seja, seco e com temperaturas amenas, o efeito do espaçamento entre linhas de cultivo é minimizado.

Estes resultados podem ser explicados devido ao fato de que plantas cultivadas em espaçamentos reduzidos produzem sementes com maior teor de estaquiose e rafinose, oligossacarídeos estes que atuam na aclimação das sementes para após a maturidade fisiológica suportar de melhor forma os estresses do processo de desidratação natural (BELLALLOUI et al., 2015, PESKE et al., 2012). Associado a isso, nesta análise deve-se considerar que plantas cultivadas sob espaçamentos reduzidos apresentam um melhor aproveitamento da radiação solar, devido a maior penetração de luz no dossel da planta (SILVA et al., 2013; MATSUO et al., 2017) favorecendo uma secagem mais rápida das vagens/sementes após uma chuva. Este processo pode reduzir consideravelmente a respiração celular e conseqüentemente o processo deteriorativo enquanto as sementes estão no campo aguardando condições ambientais favoráveis para colheita adequada.

Outro aspecto a ser considerado é que plantas cultivadas sob espaçamentos reduzidos apresentam maior aproveitamento dos nutrientes disponibilizados através da adubação resultando em maior produtividade (JARDIM ROSA et al., 2016), e possivelmente em sementes de composição mineral mais adequada. E neste sentido, a composição química de sementes, considerando os macros e micronutrientes pode apresentar efeito sobre o desempenho fisiológico das sementes (ZAMBIAZZI et al., 2017; RIGO et al., 2018).

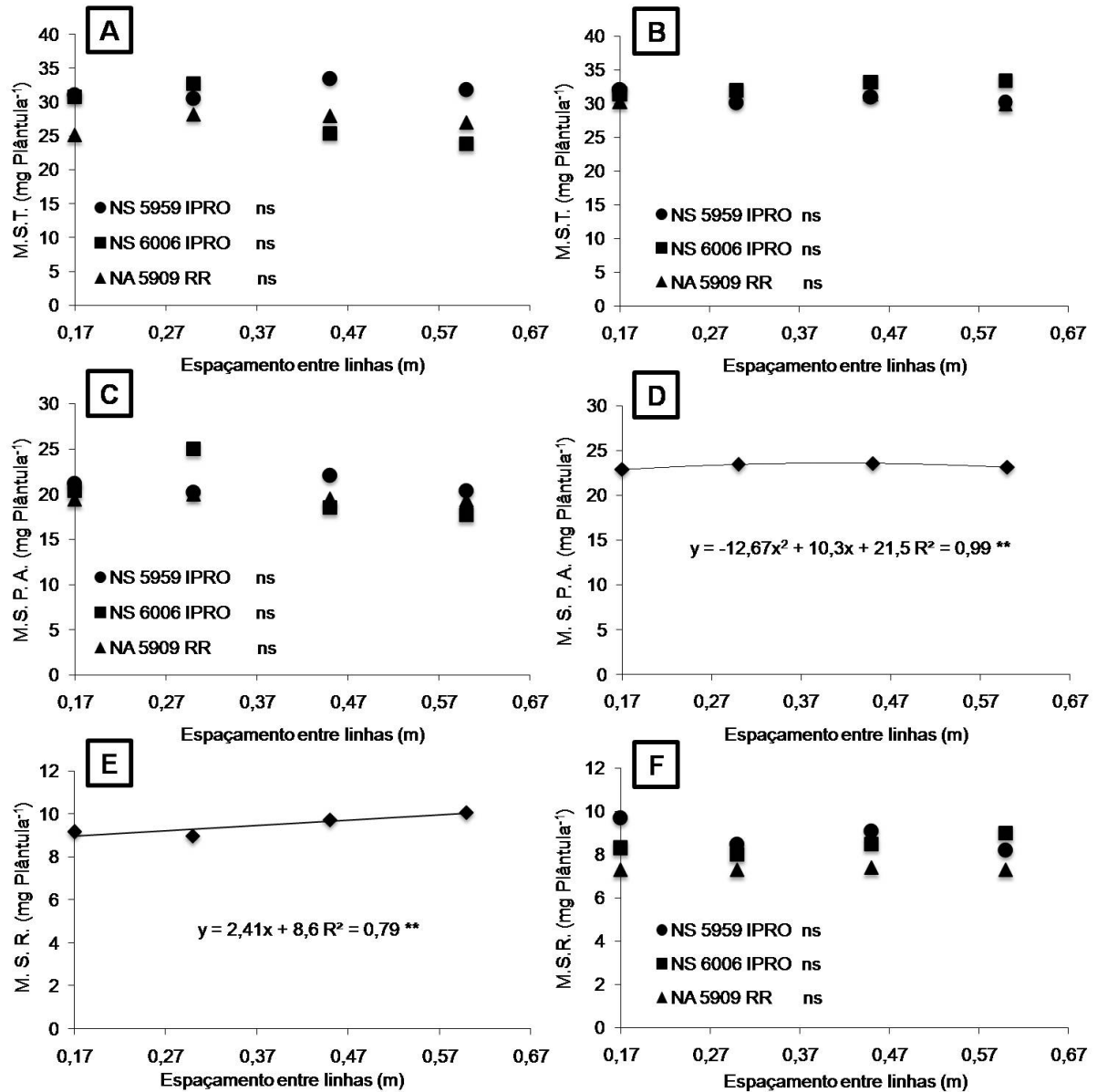


Figura 4. Massa seca total (M.S.T., A-2015/16, B-2016/17), de parte aérea (M.S.P.A., C-2015/16, D-2016/17) e radicular (M.S.R., E-2015/16, F-2016/17) de plântulas oriundas de sementes de três genótipos de soja produzidas sob diferentes espaçamentos entre linhas, em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

3.4. Conclusão

A distribuição de plantas no campo de produção de sementes exerce influencia sobre o desempenho fisiológico das sementes e essa resposta é dependente das condições ambientais e do genótipo.

A utilização de espaçamentos reduzidos, 0,17 e 0,30 metros, proporciona a produção de sementes de melhor qualidade fisiológica, e este resultado é evidenciado em anos com a presença de chuvas e altas temperaturas no período que antecede a colheita.

3.5. Referências

BAGATELLI, J.R.; DÖRR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v.41, n.2, p. 151-159, 2019.

BELLALOU, N.; MENGISTU, A.; WALKER, E.R.; YOUNG, L.D. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing. **Crop Science**, v. 54, p. 1782-1795, 2015.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M. F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 395 pp. 2009.

BUESO, E.; SERRANO, R.; PALLÁS, V.; SÁNCHEZ-NAVARO, J.A. Seed tolerance to deterioration in *Arabidopsis* sp. Is affected by vírus infection. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 116, p. 1-8, 2017.

CARVALHO, L.R.; MACHADO, C.G.; SILVA CRUZ, S.C.; RODRIGUES, J.F. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetida a diferentes formas de aplicação de fósforo. **Global Science and Technology**, v.08, n.01, p.185–192, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adução e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11° ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 400pp. 2016

DIERKING, E.C.; BILYEU, K.D.; Raffinose and Stachyose metabolism are not required for efficient soybean seed germination. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 1329-1335, 2009.

DÖRR, C.S.; ALMEIDA, T.L.; PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B. Treatment of soybean seeds of different levels of physiological quality with amino acids. **Journal of Seed Science**, v.40, n.4, p.407-414, 2018.

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

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 136).

JARDIM ROSA, C. B. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; SOUZA, L. C. F.; ENSINAS, S. C.; SILVA, E. F.; LOURENTE, E. R. P.; DUPAS, E.; MORAES, E. M. V.; MATTOS, F. A.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; EL KADRI, T. C.; JESUS, M. V. Soybean agronomic performance in narrow and wide row spacing associated with NPK fertilizer under no-tillage. **African Journal Agricultural Research**, v. 11, n. 32, p. 2947-2956, 2016.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

LUDWIG, M.P.; OLIVEIRA, S.; SCHUCH, L.O.B.; VERNETTI JUNIOR, F.J.; SEUS, R.; CORRÊA, M.F.; NUNES, T.L. Produção de sementes de soja sobre solo de várzea alagada. **Revista de Agricultura**, v.90, n.1, p.1-16, 2015.

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

MARIN, R.S.F.; BAHRY, C.A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 265-274, 2015.

MATSUO, N.; TAKAHASHI, M.; YAMADA, T.; TAKAHASHI, M.; HAJIKA, M.; FUKAMI, K.; TSUCHIYA, S. Effects of water table management and row width on the growth and yield of three soybean cultivars in south western Japan. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 85–97, 2017.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1-21, 1999.

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 2ª ed. Pelotas, Editora UFPel. 573 pp, 2012.

R Core Team. R: A **language and environment for statistical computing**. Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RAGIN, B.; AKOND, M.; KANTARTZI, S.; MEKSEM, K.; HERRERA, H.; AKBAY, C.; LIGHTFOOT, D.A.; KASSEM, M.A. Effect of Row Spacing on Seed Isoflavone Contents in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 4003-4010, 2014.

RIGO, G.A.; SCHUCH, L.O.B.; VARGAS, R.L.; BARROS, W.S.; SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; TROYJACK, C.; PIMENTEL, J.R.; ESCALERA, R.A.V.; ROSA, T.C.; SOUZA, V.Q.; AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T. Micronutrient Content and Physiological Quality of Soybean Seeds. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.4, p.223-230, 2018.

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

SANTORUM, M.; NÓBREGA, L.H.P.; SOUZA, E.G.; SANTOS, D.; BOLLER, W.; MAULI, M.M. Comparison of tests for the analysis of vigor and viability in soybean seeds and their relationship to field emergence. **Acta scientiarum**. v.35, n.1, p.83-92, 2013.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.035-041, 2010.

SILVA, W.B.; PETTER, F.A.; LIMA, L.B.; ANDRADE, F.R.; Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p.146-153, 2013.

ZAMBIAZZI, E.V.; BRUZI, A.T.; ZUFFO, A.M.; SOARES, I.O.; MENDES, A.E.S.; TERESANI, A.L.R.; GWINNER, R.; CARVALHO, J.P.S.; MOREIRA, S.G. Desempenho agrônômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta a adubação potássica. **Revista Ciências Agrárias**, vol. 40, n. 3, p. 543-553, 2017.

4. CAPÍTULO 03 - Desempenho vegetativo de genótipos de soja cultivados sob diferentes distribuições de plantas

4.1. Introdução

A soja é uma cultura de grande importância socioeconômica para o Brasil, atualmente, o país se destaca entre os maiores produtores a nível mundial. Na safra 2019/2020, o Brasil produziu 120,4 milhões de toneladas, o que representa 48% da produção de grãos brasileira. A área cultivada e a produção de grãos de soja no Brasil crescem continuamente no decorrer dos anos promovendo o desenvolvimento de novas regiões e a geração de renda, entretanto a produtividade média nacional está estabilizada a 10 anos em 3000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). Esta estabilização da produtividade média nacional pode ser devido as novas fronteiras agrícolas expandidas, onde ainda se tem poucas tecnologias de manejo para esses novos ambientes produtivos, como é o caso das áreas de várzea na região sul do Rio Grande do Sul (ZANON et al., 2015; MARCHESAN et al., 2017; GUBIANI et al., 2018).

Na busca por lavouras mais produtivas, diversas tecnologias têm sido desenvolvidas e discutidas para utilização no decorrer do ciclo produtivo da cultura. A utilização de diferentes arranjos espaciais de plantas em lavouras de soja tem sido freqüentemente estudada e avaliada (ORMOND et al., 2015; CRUZ et al., 2016; IGARASHI et al., 2014). Resultados interessantes são observados nos componentes de rendimento e rendimento da cultura da soja devido a variação na distribuição espacial de plantas (CRUZ et al., 2016; ORMOND et al., 2015). Entretanto, pouco se tem investigado sobre o efeito do arranjo espacial de plantas no seu crescimento e possíveis alterações fisiológicas que os diferentes arranjos podem provocar.

A soja é uma espécie que apresenta elevada plasticidade fenotípica, entretanto, cultivares modernas tem apresentado distintas características de morfologia de folhas, ângulo foliar, tamanho do trifólio, altura de plantas, ramificações, sendo necessários novos estudos para promover adaptações aos manejos de caráter

fitotécnicos (ZANON et al., 2016). Lavouras semeadas sob espaçamentos reduzidos apresentam mais rápido fechamento do dossel das plantas resultando em maior interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa e maior índice de área foliar (HEIFFIG et al., 2006; SILVA et al., 2013). Neste sentido, Matsuo et al (2017) também observaram que plantas cultivadas sob espaçamentos reduzidos (35 cm) apresentam maior índice de área foliar, o que proporcionou maior acúmulo de matéria seca e taxa de crescimento no período do florescimento, e resultou em maior número de vagens e produtividade de grãos quando comparado a espaçamentos maiores (70 cm).

A radiação solar pode promover alterações nas concentrações endógenas de fito hormônios que regulam o crescimento das plantas, além de estimular a atividade fotossintética na planta, que é a principal fonte de energia para o crescimento e desenvolvimento vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2013). Vale salientar ainda que plantas melhor distribuídas na área, ou seja, cultivadas sob espaçamentos entre linhas reduzidos, apresentam maior resposta a adubação (JARDIM ROSA et al., 2016).

Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da distribuição de plantas no desempenho vegetativo de genótipos de soja.

4.2. Material e métodos

O estudo foi desenvolvido junto ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel). O experimento foi conduzido a campo, em duas safras agrícolas (safra 2015/16 e safra 2016/17), em uma fazenda localizada no Distrito de Monte Bonito - Pelotas (RS-Brasil), com as coordenadas geográficas 31° 40' 27"S e 52°23' 28"W. Os dados climáticos diários de precipitação e temperatura máxima, média e mínima diária, referentes ao período de duração dos ensaios, foram coletados na estação meteorológica da EMBRAPA/UFPel, situada próxima ao local do experimento com as coordenadas geográficas 31° 52' 00" S e 52°23' 28"W, e estão ilustrados na Figura 1.

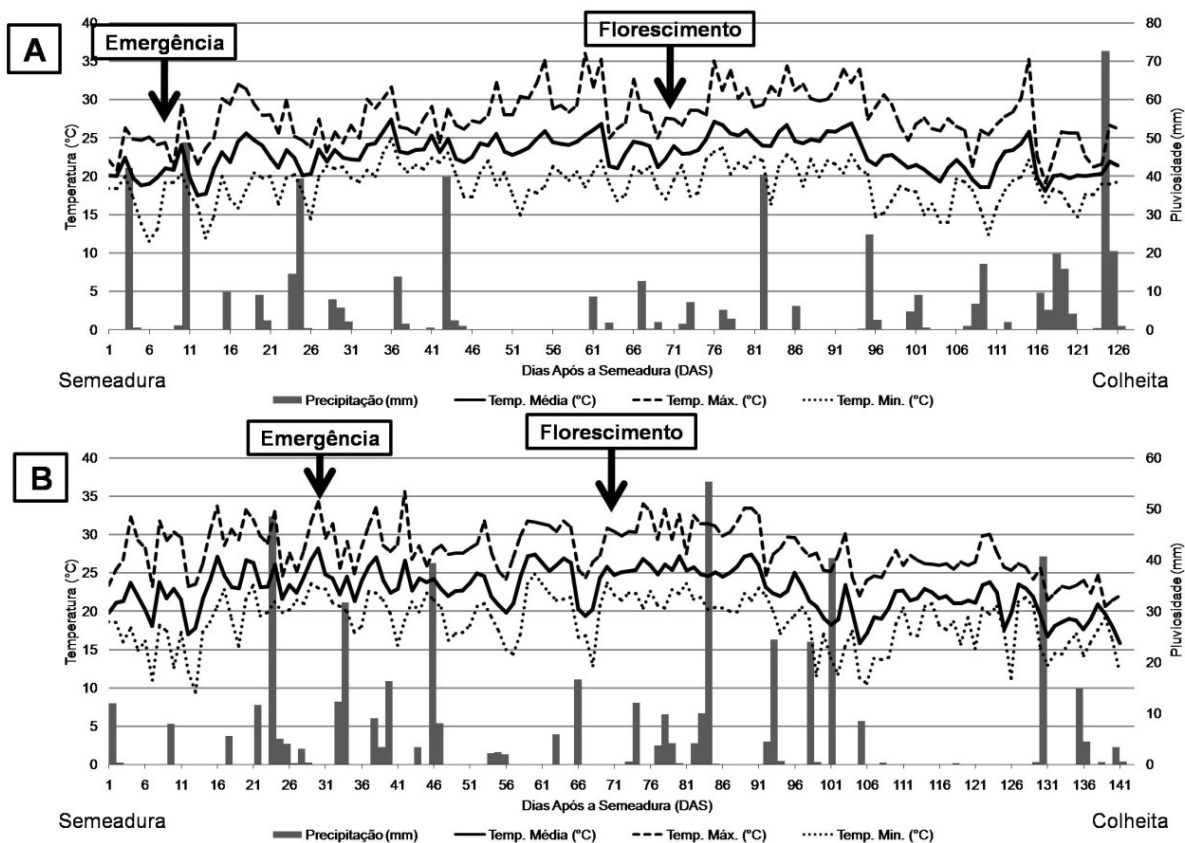


Figura 1. Temperatura máxima (Temp. Máx.), temperatura mínima (Temp. Mín.), temperatura média (Temp. Média) e precipitação durante o período de realização dos experimentos a campo (A – safra 2015/2016, B – safra 2016/2017), Pelotas – RS. Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas (EMBRAPA/UFPel).

O experimento constituiu-se de doze tratamentos envolvendo dois fatores: fator A – 3 genótipos de soja (A - NS 5959 IPRO; B - NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RR) e fator B – 4 espaçamentos entre linhas (0,17; 0,30; 0,45 e 0,60 metros). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, com quatro blocos. Cada parcela teve a dimensão de 2,4 metros de largura e 4 metros de comprimento, para as avaliações foram descartados 0,6 metros de cada lado da parcela e 0,5 de cada extremidade para servir de bordadura.

O solo da área de realização do experimento foi preparado com uma aração e duas gradagens, de modo a reduzir a presença de torrões e impedimentos à emergência das plântulas. Previamente a sementeira, foi realizado uma amostragem do solo da área do ensaio para ser enviada a um laboratório de análise de solo e em seguida com a posse da análise do solo realizou-se a adubação de acordo com as recomendações da CFQS RS/SC (Comissão de Fertilidade e Química do Solo – RS/SC, 2016) para a cultura da soja, incorporando os nutrientes ao solo no momento da sementeira.

Os tratos culturais e de controle fitossanitário foram realizados de acordo com as indicações técnicas para a cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A população de plantas utilizada para a realização do experimento foi de 330 mil plantas hectare⁻¹, buscando assim atender a recomendação de população de plantas de todos os genótipos em estudo.

A semeadura foi realizada de forma manual e em sulcos, em uma densidade de semeadura de 50 sementes por metro. Posteriormente, foi realizado o raleio de plantas buscando adequar o espaçamento entre plantas na linha de acordo com o espaçamento na entre linha de cada parcela, mantendo a mesma população de plantas por área.

Para as determinações experimentais foram avaliadas 5 plantas aleatórias da área útil de cada parcela, quando as plantas atingiram o estágio R2 (pleno florescimento) na escala de Fehr & Cavinees (1977). As determinações experimentais realizadas na safra 2015/16 foram: altura de plantas, área foliar, massa seca do caule, massa seca das folhas e massa seca total de plantas. Na safra 2016/17, as determinações experimentais foram: altura de plantas, área foliar e diâmetro do caule.

Altura de plantas: determinada com auxílio de uma fita métrica e mensurada em centímetros.

Área foliar: realizada utilizando o determinador fotoelétrico, modelo LI – 3100 LI, da LI-Cor. LTDA, que fornece leitura direta em centímetros quadrados, os resultados foram expressos em centímetros quadrados por planta (cm² planta⁻¹).

Massa seca de plantas: primeiramente foram destacadas todas as folhas para a determinação da área foliar, em seguida, as partes das plantas (folhas e caule) foram colocadas, separadamente, em estufa a 60°C até peso constante, para determinação da massa seca em balança de precisão, e os resultados expressos em gramas por planta (g.planta⁻¹). A massa seca total de planta foi obtida através da soma das partes.

O diâmetro do caule principal foi determinado com auxílio de paquímetro digital, sendo as medidas coletadas em cinco plantas, logo abaixo do primeiro nó do caule. Em cada planta foram realizadas duas medidas, buscando a maior representatividade do caule, e os resultados expressos em milímetros (mm).

Após a coleta dos dados, foi realizada a sua tabulação e verificação das pressuposições da análise da variância. Sendo estas atendidas, os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F a 5% de

probabilidade o fator qualitativo (genótipo) foi submetido ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (espaçamento) foi feita a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software R (R CORE TEAM, 2014).

4.3. Resultados e discussão

Os resultados analisados de desempenho vegetativo de plantas no estágio de pleno florescimento, não evidenciaram grandes respostas devido as alterações na distribuição de plantas estudado.

Na safra de 2015/16 pode-se observar efeito dos diferentes espaçamentos entre linhas, dentre as variáveis respostas analisadas, apenas para a massa de matéria seca total e de caule e somente para o genótipo NS 5959 IPRO. Sendo assim, a massa de matéria seca do caule e total de plantas, evidencia que há interação entre os fatores em estudo, ou seja, a resposta ao arranjo de plantas é dependente do genótipo (Tabela 1.). Apenas o genótipo NS 5959 IPRO apresentou efeito do espaçamento entre as linhas de semeadura, conforme o aumento do espaçamento entre linhas observa-se resposta quadrática de incremento da massa de matéria seca do caule e total de plantas. Porém, se analisarmos a massa de matéria seca isolada da folha (Tabela 1.) e também a área foliar (Tabela 2), observa-se que os diferentes arranjos entre plantas estudados não apresentaram efeito significativo independente do genótipo. Portanto, as alterações na massa de matéria seca total de plantas observadas para o genótipo NS 5959 IPRO são devidas as alterações na matéria seca do caule da planta, ou seja, as folhas não apresentam crescimento diferenciado devido ao arranjo entre as plantas.

A produção de massa seca por planta foi modificada e não observa-se alteração na massa seca das folhas e nem na sua área foliar para o genótipo NS 5959 IPRO, fato este que nos leva a acreditar que dependendo do arranjo das plantas na área podemos ter uma melhor interceptação da radiação solar, possivelmente devido ao posicionamento e ângulo foliar. Estes resultados são distintos dos encontrados na literatura onde os autores observam que quando não se modifica a população de plantas na área, a qualidade de luz incidente no dossel das plantas não é afetada, não

promovendo assim alterações no padrão de crescimento das plantas (BOARD, 1994; BOARD, 2000; BALBINOT JUNIOR et al., 2015).

Tabela 1. Massa seca de caule, folha e total por planta de três genótipos de soja (A – NS 5959 IPRO; B – NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RR) cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas na safra 2015/16. Pelotas-RS, 2020

E. L. (m)	Genótipo de Plantas			Média
	A	B	C	
Massa Seca de Caule (g/Planta)				
0.17	5.45 a	6.62 a	6.62 a	6.23
0.30	8.25 a	7.06 a	6.82 a	7.38
0.45	7.67 a	6.11 ab	5.42 b	6.40
0.60	8.52 a	6.52 b	6.40 b	7.15
Média	7.47	6.58	6.32	6.79
C.V.(%)	14.00			
Massa Seca de Folha (g/Planta)				
0.17	3.69	3.81	3.50	3.67 ^{ns}
0.30	4.36	3.95	4.21	4.17
0.45	3.80	2.50	3.14	3.15
0.60	3.42	3.14	3.27	3.28
Média	3.82 a	3.35 b	3.53 ab	
C.V.(%)	13.40			
Massa Seca Total de Planta (g/Planta)				
0.17	09.14 a	10.43 a	10.12 a	09.90
0.30	12.61 a	11.01 a	11.03 a	11.55
0.45	11.47 a	08.60 b	08.56 b	09.54
0.60	11.94 a	09.66 b	09.67 b	10.42
Média	11.29	09.92	09.84	
C.V.(%)	11.1			

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação)

Nos espaçamentos menores (0,17 e 0,30 m), onde a distribuição das plantas na área de produção é mais uniforme, todos os genótipos apresentaram produção de massa seca semelhante. Entretanto, em espaçamentos maiores (0,45 e 0,60 m) onde as plantas apresentam-se mais agrupadas dentro da linha de semeadura observa-se que o genótipo NS 5959 IPRO apresenta maior acúmulo de massa seca no caule e conseqüentemente maior massa de matéria seca total de plantas comparativamente aos demais genótipos. Estes resultados são devidos ao fato desta cultivar apresentar resposta significativa de incremento de massa seca no caule e total de planta, com ajuste quadrático, conforme o aumento do espaçamento entre linhas discutido

anteriormente (Figura 2). Os demais genótipos não apresentaram resposta significativa às alterações nos espaçamentos entre plantas.

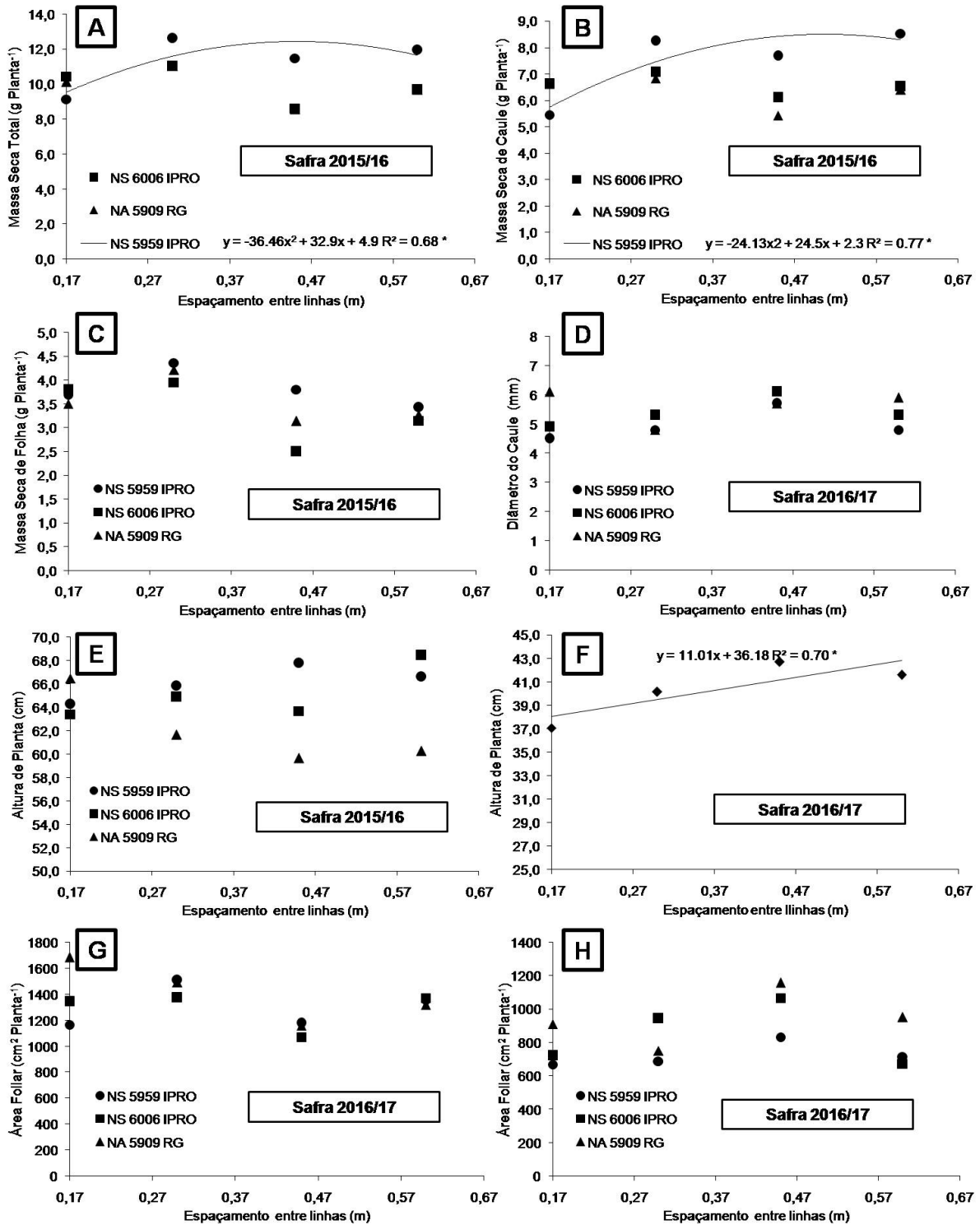


Figura 2. Massa seca total de planta (A; 2015/16), massa seca do caule (B; 2015/16), massa seca de folha (C; 2015/16), diâmetro do caule (D; 2016/17), altura de planta (E-2015/16; F-2016/17) e área foliar (G-2015/16; H-2016/17) por planta no estágio fenológico R2, de três genótipos de soja cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas em duas safras agrícolas, Pelotas-RS, 2020.

ns – não significativo

* significativo a 5% de probabilidade

Ainda com a relação à safra 2015/16, a altura de plantas não foi significativamente influenciada pelos diferentes arranjos entre plantas e também não observa-se efeito dos diferentes genótipos utilizados no presente estudo (Tabela 2). Entretanto, de acordo com os resultados da safra 2016/17, é possível observar efeito significativo, na média de todos os genótipos, do aumento do espaçamento entre as linhas de semeadura para a altura de plantas (Figura 2). Conforme aumento do espaçamento entre linhas pode-se observar incremento linear na altura das plantas. Este resultado é reflexo do aumento da competição intraespecífica quando se diminui os espaços entre plantas dentro da linha de cultivo. Vale salientar que, na primeira safra do experimento, não foi possível identificar alterações na altura de plantas conforme o aumento do espaçamento. Neste sentido é importante destacar a influência do ambiente na resposta dos genótipos ao aumento do espaçamento. Na literatura são encontrados resultados tanto de incremento de altura de planta conforme o aumento do espaçamento como também resultados que mostram o oposto ou que não apresentam efeito do espaçamento entre linhas na altura de plantas (CARMO et al., 2018; JARDIM ROSA et al., 2016; MATSUO et al., 2017; MODOLO et al., 2016; SILVA et al., 2013). Estes fatos corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho, pois a resposta de um genótipo ao espaçamento entre linhas é dependente da condição ambiental e/ou outros fatores de produção, por exemplo, a população de plantas.

Tabela 2. Altura, área foliar e diâmetro do caule de plantas de três genótipos de soja (A – NS 5959 IPRO; B – NS 6006 IPRO; C - NA 5909 RR) cultivados sob diferentes espaçamentos entre linhas em duas safras agrícolas. Pelotas-RS, 2020

E. L. (m)	Genótipo de Plantas					
	A	B	C	A	B	C
	Altura de Plantas (cm)					
	Safrá 2015/16			Safrá 2016/17		
0.17	64.3 ^{ns}	63.4	66.5	33.8	38.8	38.6
0.30	65.8	64.9	61.7	38.1	41.6	40.8
0.45	67.8	63.7	59.7	39.9	42.0	46.3
0.60	66.6	68.4	60.3	41.1	39.3	44.4
Média	66.1	65.1	62.1	38.2 B	40.4 AB	42.5 A
C.V.(%)	7.4			11.90		
	Área Foliar (cm ² /Planta)					
	Safrá 2015/16			Safrá 2016/17		
0.17	1165.05 ^{ns}	1341.26	1682.65	667.52 ^{ns}	719.82	909.42
0.30	1507.77	1371.73	1489.39	688.43	943.30	749.63
0.45	1176.65	1069.89	1157.23	831.57	1065.67	1156.33
0.60	1353.52	1369.13	1316.88	714.16	671.88	950.29
Média	1300.75	1288.00	1411.54	725.42	850.17	941.42
C.V.(%)	15.4			38.1		
	Diâmetro do caule (mm)					
	Safrá 2015/16			Safrá 2016/17		
0.17	-	-	-	4.5 ^{ns}	4.9	6.1
0.30	-	-	-	4.8	5.3	4.8
0.45	-	-	-	5.7	6.1	5.7
0.60	-	-	-	4.8	5.3	5.9
Média	-	-	-	5.0	5.4	5.6
C.V.(%)	-			26.4		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, dentro de cada safra estudada, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. (E. L. – espaçamento entre linhas; C.V. – coeficiente de variação; ns – não significativo)

Para as variáveis analisadas na safra 2016/17, apenas observou-se efeito significativo dos fatores na altura das plantas, as demais variáveis analisadas, área foliar e diâmetro do caule não observa-se efeito dos fatores em estudo (Tabela 2). O diâmetro do caule é uma variável que apresenta boa relação com o vigor de plantas (SCHUCH et al., 2009), entretanto no presente trabalho não foi possível identificar efeito dos diferentes arranjos entre plantas para esta variável, possivelmente devido ao fato de que a população de plantas utilizada foi elevada e se manteve inalterada nos diferentes arranjos estudados. Com relação a área foliar, observa-se que a resposta é semelhante a obtida na safra anterior, confirmando assim os resultados

obtidos. Matsuo et al., 2017, em seus estudos com três diferentes genótipos de soja observaram que em espaçamentos reduzidos as plantas de soja apresentaram maior índice de área foliar, maior taxa de crescimento da cultura e acúmulo de matéria seca total. Entretanto, Carmo et al., (2018) não identificaram efeito de diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura no crescimento vegetativo e também no desempenho produtivo da cultura.

4.4. Conclusões

A distribuição de plantas de soja apresenta pouco efeito no desempenho vegetativo da cultura, e esta resposta é dependente do genótipo e ambiente.

O genótipo NS 5959 IPRO é o mais sensível a variações de distribuição de plantas no campo, entre os genótipos estudados.

O genótipo NS 5959 IPRO acumula maior massa de matéria seca no caule conforme o aumento do espaçamento entre linhas.

4.5. Referências

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H. FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; KAMAL, M. Radiation-use efficiency in relation to row spacing for late-planted soybean. **Field Crops Research**, v.36, p.13-19, 1994.

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

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11° ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 400pp. 2016.

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

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

GUBIANI, P. I.; MÜLLER, E. A.; SOMAVILLA, A.; ZWIRTES, A. L.; MULAZZANI, R. P.; MARCHESAN, E. Transpiration reduction factor and soybean yield in low land soil with ridge and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, 2018.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

IGARASHI, W.T.; AGUIAR E SILVA, M.A; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O.J.G.; FRANÇA, J.A. Duração e porcentagem de molhamento foliar determinados pelo espaçamento entrelinhas, e influência sobre a ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.2, p.123-127, 2014.

JARDIM ROSA, C. B. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; SOUZA, L. C. F.; ENSINAS, S. C.; SILVA, E. F.; LOURENTE, E. R. P.; DUPAS, E.; MORAES, E. M. V.; MATTOS, F. A.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; EL KADRI, T. C.; JESUS, M. V. Soybean agronomic performance in narrow and wide row spacing associated with NPK fertilizer under no-tillage. **African Journal Agricultural Research**, v. 11, n. 32, p. 2947-2956, 2016.

MARCHESAN, E.; TONETTO, F.; TELÓ, G. M.; COELHO, L. L.; ARAMBURU, B. B.; TRIVISOL, V. S. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v.47, n.11, 2017.

MATSUO, N.; TAKAHASHI, M.; YAMADA, T.; TAKAHASHI, M.; HAJIKA, M.; FUKAMI, K.; TSUCHIYA, S. Effects of water table management and row width on the growth and yield of three soybean cultivars in southwestern Japan. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 85–97, 2017.

MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Revista de Agricultura**, v. 19, n. 3, p. 216-219, 2016.

ORMOND, A. T. S.; VOLTARELLI, M. A.; PAIXÃO, C. S. S.; GÍRIO, L. A. S.; ZERBATO, C.; SILVA, R. P. Características agronômicas da soja em semeadura convencional e cruzada. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.4, p.414-422, 2015.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p.146-153, 2013.

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

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 400-411, 2015.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; PAULA, G. M.; TOMIOZZO, R.; COSTA, L. C.; FENSTERSEIFER, C. A.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CARDOSO, A. P.; WEBER, P. S.; BEXAIRA, K. P. Growth habit effect on development of modern soybean cultivars after beginning of Bloom in Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p.446-458, 2016.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho vegetativo, reprodutivo e de sementes sofre influência da distribuição de plantas estudada. De forma geral, quando as plantas estão melhores distribuídas na área de produção, ou seja, nos espaçamentos menores, é possível observar desempenho superior das plantas e das sementes produzidas. Entretanto, o ambiente de produção e o genótipo exercem forte influência sobre este resultado.

A resposta da planta com relação a sua distribuição na área de cultivo é dependente de todos fatores de produção. Uma análise de todo manejo utilizado no campo de produção deve ser considerada, pois somente igualar os demais fatores de produção que não estão em estudo para ver o efeito isolado da distribuição de plantas e genótipos, pode não ser a melhor estratégia. É necessário identificar o fator limitante da produtividade e corrigir, para realizar assim um manejo buscando explorar o máximo potencial do genótipo e do ambiente em estudo. Promover alterações na distribuição de plantas de um determinado genótipo pode ser uma excelente estratégia para elevar os patamares produtivos ou então produzir sementes de maior desempenho fisiológico. Entretanto a análise que deve ser feita é se nas condições de cultivo que o agricultor está trabalhando atualmente a distribuição de plantas na área é o que está limitando a produção, caso não seja, podemos trabalhar com os mais variados arranjos entre as plantas que dificilmente vamos ter sucesso na nossa estratégia produtiva.

6. REFERÊNCIAS

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e mudas. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/estatisticas/> Acesso em: 10/06/2019

BAGATELLI, J.R.; DÖRR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v.41, n.2, p. 151-159, 2019.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H. FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.

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

BELLALLOUI, N.; MENGISTU, A.; WALKER, E.R.; YOUNG, L.D. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing. **Crop Science**, v. 54, p. 1782-1795, 2015.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; KAMAL, M. Radiation-use efficiency in relation to row spacing for late-planted soybean. **Field Crops Research**, v.36, p.13-19, 1994.

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

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M. F. Épocas de semente e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 395 pp. 2009.

BUESO, E.; SERRANO, R.; PALLÁS, V.; SÁNCHEZ-NAVARO, J.A. Seed tolerance to deterioration in *Arabidopsis* sp. Is affected by vírus infection. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 116, p. 1-8, 2017.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018.

CARVALHO, L.R.; MACHADO, C.G.; SILVA CRUZ, S.C.; RODRIGUES, J.F. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetida a diferentes formas de aplicação de fósforo. **Global Science and Technology**, v.08, n.01, p.185–192, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11° ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 400pp. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/2020**: Nono levantamento – junho/2020. Brasília, DF: Conab, 2020.

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

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.

DIERKING, E.C.; BILYEU, K.D.; Raffinose and Stachyose metabolism are not required for efficient soybean seed germination. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 1329-1335, 2009.

DÖRR, C.S.; ALMEIDA, T.L.; PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B. Treatment of soybean seeds of different levels of physiological quality with amino acids. **Journal of Seed Science**, v.40, n.4, p.407-414, 2018.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (SpecialReport 80).

FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 136).

GLIER, C. A. S.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; FACHIN, G. M.; COSTA, A. C. T.; GUIMARÃES, V. F.; MROZINSKI, C. R. Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 567-573, 2015.

GUBIANI, P. I.; MÜLLER, E. A.; SOMAVILLA, A.; ZWIRTES, A. L.; MULAZZANI, R. P.; MARCHESAN, E. Transpiration reduction factor and soybean yield in low land soil with ridge and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, 2018.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HOLTZ, V.; COUTO, R. F.; OLIVEIRA, D. G.; REIS, E. F. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, 2014.

IGARASHI, W.T.; AGUIAR E SILVA, M.A; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O.J.G.; FRANÇA, J.A. Duração e porcentagem de molhamento foliar determinados pelo espaçamento entrelinhas, e influência sobre a ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.2, p.123-127, 2014.

JARDIM ROSA, C. B. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; SOUZA, L. C. F.; ENSINAS, S. C.; SILVA, E. F.; LOURENTE, E. R. P.; DUPAS, E.; MORAES, E. M. V.; MATTOS, F. A.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; EL KADRI, T. C.; JESUS, M. V. Soybean agronomic performance in narrow and wide row spacing associated with NPK fertilizer under no-tillage. **African Journal Agricultural Research**, v. 11, n. 32, p. 2947-2956, 2016.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agrícola**, v. 71, n. 3, p. 181-187, 2014.

LUDWIG, M.P.; OLIVEIRA, S.; SCHUCH, L.O.B.; VERNETTI JUNIOR, F.J.; SEUS, R.; CORRÊA, M.F.; NUNES, T.L. Produção de sementes de soja sobre solo de várzea alagada. **Revista de Agricultura**, v.90, n.1, p.1-16, 2015.

MARCHESAN, E.; TONETTO, F.; TELÓ, G. M.; COELHO, L. L.; ARAMBURU, B. B.; TRIVISOL, V. S. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v.47, n.11, 2017.

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

MARIN, R.S.F.; BAHRY, C.A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 265-274, 2015.

MATSUO, N.; TAKAHASHI, M.; YAMADA, T.; TAKAHASHI, M.; HAJIKA, M.; FUKAMI, K.; TSUCHIYA, S. Effects of water table management and row width on the growth and yield three soybean cultivars in southwestern Japan. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 85–97, 2017.

MATTIONI, F.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; MARCOS-FILHO, J.; GUIMARÃES, S. C. Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 1, p. 108-116, 2012.

MELO, D.; BRANDÃO, W.T.M.; NÓBREGA, L.H.P.; WERNKE, I. Qualidade de sementes de soja convencional e Roundup Ready (RR), produzida para consumo próprio e comercial. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.2, p.300-309, 2016.

MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Revista de Agricultura**, v. 19, n. 3, p. 216-219, 2016.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas**. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1-21, 1999.

ORMOND, A. T. S.; VOLTARELLI, M. A.; PAIXÃO, C. S. S.; GÍRIO, L. A. S.; ZERBATO, C.; SILVA, R. P. Características agrônômicas da soja em semeadura convencional e cruzada. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.4, p.414-422, 2015.

PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; MIELEZRSKI F.; PESKE, F.B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**. v. 16, n. 1, p. 32-41. 2009.

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 2ª ed. Pelotas, Editora UFPel. 573 pp, 2012.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RAGIN, B.; AKOND, M.; KANTARTZI, S.; MEKSEM, K.; HERRERA, H.; AKBAY, C.; LIGHTFOOT, D.A.; KASSEM, M.A. Effect of Row Spacing on Seed Isoflavone Contents in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 4003-4010, 2014.

RIGO, G.A.; SCHUCH, L.O.B.; VARGAS, R.L.; BARROS, W.S.; SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; TROYJACK, C.; PIMENTEL, J.R.; ESCALERA, R.A.V.; ROSA,

T.C.; SOUZA, V.Q.; AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T. Micronutrient Content and Physiological Quality of Soybean Seeds. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.4, p.223-230, 2018.

ROESE, A. D.; MELO, C. L. P.; GOULART, A. C. P. Esoaçamento entre linhas e severidade de ferrugem-asiática da soja. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 300-305, 2012.

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

SANTORUM, M.; NÓBREGA, L.H.P.; SOUZA, E.G.; SANTOS, D.; BOLLER, W.; MAULI, M.M. Comparison of tests for the analysis of vigor and viability in soybean seeds and their relationship to field emergence. **Acta scientiarum**. v.35, n.1, p.83-92, 2013.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.035-041, 2010.

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

SILVA, C. S.; SCHUCH, L. O. B.; OLIVO, M.; SEUS, R. Desempenho de plantas isoladas de soja, biometria e qualidade fisiológica das sementes. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana*, v.19, n.1, p.1-9. 2013a.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p.146-153, 2013.

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

TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BRUNES, A.P.; TUNES, L.M.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**. v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013.

USDA, United States Department of Agriculture. **2019 Agricultural Statistics Annual**: Chapter III - Statistics of oilseeds, fats, and oils, 2019.

VITORINO, H. S.; JUNIOR, A. C. S.; GONÇALVES, C. G.; MARTINS, D. Interference of a weed community in the soybean crop in functions of sowing spacing. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 4, p. 605-613, 2017.

ZAMBIAZZI, E.V.; BRUZI, A.T.; ZUFFO, A.M.; SOARES, I.O.; MENDES, A.E.S.; TERESANI, A.L.R.; GWINNER, R.; CARVALHO, J.P.S.; MOREIRA, S.G. Desempenho agrônômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta a adubação potássica. **Revista Ciências Agrárias**, vol. 40, n. 3, p. 543-553, 2017.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; PAULA, G. M.; TOMIOZZO, R.; COSTA, L. C.; FENSTERSEIFER, C. A.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CARDOSO, A. P.; WEBER, P. S.; BEXAIRA, K. P. Growth habit effect on development of modern soybean cultivars after beginning of Bloom in Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p.446-458, 2016.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 400-411, 2015.