



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

DANIEL AUGUSTO SILVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA COM HÁBITO DE  
CRESCIMENTO INDETERMINADO EM DIFERENTES  
ARRANJOS DE PLANTAS**

---

Londrina  
2017

DANIEL AUGUSTO SILVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA COM HÁBITO DE  
CRESCIMENTO INDETERMINADO EM DIFERENTES  
ARRANJOS DE PLANTAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Egídio  
Cavenaghi Prete

Londrina  
2017

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

Silveira, Daniel Augusto.

Desempenho agrônômico da soja com hábito de crescimento indeterminado em diferentes arranjos de plantas / Daniel Augusto Silveira. - Londrina, 2017.  
114 f. : il.

Orientador: Cássio Egídio Cavenaghi Prete.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Desempenho agrônômico da soja conduzida em diferentes arranjos e populações de plantas - Tese. 2. Desenvolvimento da soja em diferentes arranjos de plantas - Tese. I. Prete, Cássio Egídio Cavenaghi. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

DANIEL AUGUSTO SILVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA COM HÁBITO DE  
CRESCIMENTO INDETERMINADO EM DIFERENTES ARRANJOS DE  
PLANTAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para à obtenção do título de doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi  
Prete  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Eli Carlos de Oliveira  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Carlos André Bahry  
Universidade Tecnológica do Paraná – UTFPR

---

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Gustavo Fregonesi  
Centro Universitário Filadélfia – UNIFIL

Londrina, 24 de abril de 2017.

SILVEIRA, Daniel Augusto. **Desempenho agrônômico da soja (*glycine max*) com hábito de crescimento indeterminado, em arranjos de plantas com linhas simples e pareadas**. 2017. 115 páginas. Tese apresentada em Agronomia – Universidade Estadual De Londrina, Londrina.

## RESUMO

A introdução de cultivares de hábito de crescimento indeterminado foi uma importante inovação da genética para a soja cultivada no país, elevando os níveis de produtividade e proporcionando maior adaptabilidade e estabilidade destas cultivares às diferentes condições climáticas e épocas de semeadura. Contudo os arranjos de plantas não foram alterados, e em geral, mantêm-se os mesmos há décadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da soja em diferentes arranjos de plantas. As respostas dos efeitos das diferentes populações e arranjos sobre esta cultivar foram mensuradas através dos seguintes componentes de produção: rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de grãos por planta, altura da inserção da primeira vagem, altura de plantas, índice de área foliar e curva normalizada do índice de vegetação (NDVI). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 6x3x2, com quatro repetições. Os fatores de variação foram seis populações distintas (100, 200, 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) três espaçamentos entrelinhas (25, 0,50 m e 25x50 em linhas pareadas) e dois anos de cultivo. Foi aplicado o desdobramento das interações para os fatores aninhados e de acordo com a análise de variância houve interação tripla entre o ano de cultivo, as populações de plantas e os espaçamentos entrelinhas com respostas significativas para todas as variáveis estudadas. O espaçamento entrelinha influenciou as variáveis rendimento de grãos, altura da inserção da primeira vagem, altura de plantas e o índice de área foliar. O ano de cultivo promoveu respostas significativas para as variáveis rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de grãos por planta, altura de plantas e o índice de área foliar. A população de plantas foi o fator que revelou respostas significativas das médias de todas variáveis. As populações com até 300.000 plantas alcançaram os maiores níveis de rendimento de grãos e melhores performances sob os efeitos dos fatores estudados, não se justificando o emprego de maiores populações. Os dados médios do rendimento de grãos obtidos em função da interação entre ano e o arranjo de plantas revelaram superioridade para as linhas pareadas em relação aos espaçamentos com linhas simples com 4732 kg.ha<sup>-1</sup> para o espaçamento 0,25x0,50 m, 3817 kg.ha<sup>-1</sup> para o 0,50 m e 3628 kg.ha<sup>-1</sup> para o 0,25 m, no segundo ano de cultivo, indicando uma nova proposta de espaçamento entrelinhas para os modelos atuais.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L.. Linhas pareadas. População.

SILVEIRA, Daniel Augusto. **Soybean (*glycine max*) agronomic performance with undetermined growth pattern in different plant arrangements**. 2017.114 pages. Thesis submitted to the Agronomy Graduate School – Londrina State university, Londrina.

## ABSTRACT

The introduction of cultivars of indeterminate growth habit was an important genetic innovation for soybean grown in the country, rising yield levels and promoting greater adaptability and stability of these cultivars to different climate conditions and seeding periods. However, plant arrangements were not altered and, in general, they were kept the same for decades. The objective of this work was to evaluate soybean performance in different plant arrangements. Reactions to the effects of different populations and arrangements on this cultivar were measured through the following production components: grain yield, thousand grains weight, number of grains per pod, number of pods per plant, grain weight per plant, first pod insertion height, plants height, foliar area index and normalized difference vegetation index (NDVI). The experimental design in randomized blocks was used, in the 6x3x2 factorial scheme, with four replications. Variation factors included six distinct populations (100, 200, 300, 400, 500 and 600 thousand plants ha<sup>-1</sup>), three spacing between rows (25, 0.50 m and 25x50 in twin rows) and two years of cultivation. Nested factors interactions outcomes were applied and, according to the analysis of variance, there was a triple interaction between cultivation year, plant populations and row spacing, with significant responses, for all variables studied. Spacing between rows influenced grain yield variables, first pod insertion height, plants height and foliar area index. Cultivation year promoted significant responses for grain yield variables, thousand grains weight, number of grains per pod, number of pods per plant, grain weight per plant, plants height and foliar area index. The plant population factor showed significant responses for all variables. Populations with up to 300.000 plants reached the highest grain yield levels and best performances under the effect of all factors, making the use of larger populations unnecessary. Grain yield means data obtained in function of the interaction between year and plants arrangement showed superior values for twin rows in relation to simple rows spacing, with 4732 kg.ha<sup>-1</sup> for spacing of 0.25x0.50 m, 3817 kg.ha<sup>-1</sup> for 0.50 m and 3628 kg.ha<sup>-1</sup> for 0.25 m, in the second cultivation year, proposing a new row spacing for current models.

**Key words:** *Glycine max* L.. Twin rows. Population.

*“O Senhor é meu pastor, nada me falta  
Para as águas tranquilas me conduz  
Ainda que eu vá por um vale tenebroso  
Nenhum “mal temerei, pois estás junto a mim”*

*Salmo 23*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, pelo dom da vida e por me permitir me manter sempre em busca dos meus sonhos, e me carregar nas horas mais difíceis, um Pai misericordioso que sempre me acolheu da maneira que sou e me ajudando a ser uma pessoa melhor.

Agradeço aos meus pais, Omar Silveira e Mariana Santana Silveira, que me deram a vida, mas sobretudo a disposição para enfrentar todas as dificuldades que ela me ofereceria com seriedade e determinação.

A minha esposa Maria Regina pela compreensão e apoio nas horas decisivas de minha vida. E às minhas filhas Beatriz e Catarina por fazerem parte da minha vida.

A todos os meus amigos e companheiros que direta ou indiretamente contribuíram para a o desenvolvimento deste trabalho e de tantas outras atividades que me fizeram sentir encorajado a sempre seguir em frente.

Agradeço a todos os funcionários da Universidade Estadual de Londrina, em especial, à Secretária Weda A. Westin quem esteve sempre solícita a nos proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento de nosso aprendizado.

A todos os meus professores que dedicaram parte de suas vidas pelo meu desenvolvimento pessoal e profissional, os meus sinceros agradecimentos. Que Deus abençoe todos os profissionais que se dedicam à construção de um mundo melhor.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi Prete, pela orientação, apoio, confiança e pela paciência neste período de estudos, onde pude desfrutar de sua competência profissional e principalmente por sua humanidade, o que me permitiu chegar até este ponto em minha vida acadêmica.

A todos os colegas da empresa Syngenta na pessoa do MSC Milto José Facco, que sempre me apoiou e estimulou a não desanimar diante das dificuldades durante o período de estudos.

Aos meus colegas de trabalho Milton Nishimura, Wagner Pereira, Adriano Belizario, Luan Cruz, Luiz Fernando Priscinotto, Ruy Pelati, Lucas Fantini, Alexandre José, Anderson Todino, Norberto Cruz, Luiz Felipe Bussaderi, Fernando Baida, Camila Torres, pelo imenso apoio na parceria na realização dos trabalhos de campo.

Ao Dr. Maicon Nardino, pelas importantes contribuições no meu aprendizado e apoio nesta etapa tão importante de meu trabalho.

Aos meus irmãos de comunidade neocatecumenal que sempre me apoiaram com suas intensas orações, e que me ajudaram a me manter de pé diante de tantos obstáculos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Resultados dos dados meteorológicos para o experimento um (1º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2013 à 20/03/2014. Semeadura em 30 de outubro de 2013.....	45
Figura 2.	Resultados dos dados meteorológicos para o experimento dois (2º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2015 à 20/03/2016. Semeadura em 23 de outubro de 2015.....	45
Figura 3 -	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Aranjo para as variáveis rendimento de grãos. Londrina, 2017. ....	60
Figura 4 -	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis número de vagem por planta, Londrina, 2017. ....	61
Figura 5 -	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis número de número de grãos por vagem, Londrina, 2017.....	62
Figura 6 -	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis massa de grãos por planta MGP. Londrina, 2017.....	64
Figura 7 -	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis número de grãos por planta. Londrina, 2017 .....	65
Figura 8 -	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis massa de mil grãos. Londrina, 2017. ....	66
Figura 9	Resultados dos dados meteorológicos para o experimento um (1º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2013 à 20/03/2014. Semeadura em 30 de outubro de 2013.....	85

Figura 10	Resultados dos dados meteorológicos para o experimento dois (2º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2015 à 20/03/2016. Semeadura em 23 de outubro de 2015. ....	85
Figura 11 -	Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2013/2014 para variável índice de área foliar (IAF). ....	93
Figura 12 -	Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2015/16 para variável índice de área foliar (IAF). ....	94
Figura 13 -	Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2013/2014 para variável NDVI, Londrina 2017. ....	95
Figura 14 -	Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2015/16 para variável NDVI, Londrina 2017. ....	96
Figura 15 -	Relação entre o IAF x NDVI para 1ª safra de cultivo, Londrina 2017. ....	97
Figura 16 -	Relação entre IAF x NDVI para 2ª safra de cultivo, Londrina, 2017. ....	97
Figura 17 -	Efeito da interação dos fatores população de plantas e espaçamentos entrelinhas na variável altura (cm) da primeira vagem (AIV) Safras 2013/2014 e 2015/16 .....	98
Figura 18 -	Efeito da interação dos fatores população de plantas e espaçamentos entrelinhas na variável altura (cm) (ALP) Safras 2013/2014 e 2015/16. ....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição do cultivar de soja utilizado nos ensaios de cultivo de 2013/2014 e 2015/2016. Londrina, 2017. ....	46
Tabela 2-	Resumo da análise de variância do experimento trifatorial com seis populações de plantas x três arranjos x duas safras agrícolas para as diferentes características avaliadas em soja Safra 2013/2014 e Safra 15/16. Londrina, 2017.....	52
Tabela 6-	Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis rendimento de grãos RDG; massa de mil grãos MMG; número de grãos por planta NGP; número de vagem por planta NVP; número.....	59
Tabela 7 -	Desdobramento da interação dupla entre experimentos e populações para variável massa de grãos por planta (MGP), Londrina 2017. ....	63
Tabela 8 –	Comparação de médias entre os das variáveis número de grãos por planta (NGP) e massa de mil grãos (MMG). Londrina, 2017. ....	65
Tabela 9 –	Comparação de médias entre os arranjos para as variáveis número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e massa de grãos por planta (MGP). ....	67
Tabela 10 -	Descrição do cultivar de soja utilizado nos ensaios de cultivo de 2013/2014 e 2015/2016. Londrina, 2017. ....	86
Tabela 11 –	Resumo da análise de variância do experimento trifatorial com seis populações de plantas x três arranjos x duas safras agrícolas para características avaliadas em soja safra 2013/2014 e Safra 15/16. Londrina, 2017.....	90
Tabela 15 -	Decomposição da interação tripla do fator experimento para a variável índice de área foliar (IAF). ....	93
Tabela 16 -	Decomposição da interação tripla do fator experimento para a variável NDVI. ....	95

Tabela 17 -	Desdobramento entre a interação entre a população e a época de semeadura. Safra 2013/14 e Safra 2015/16.....	98
Tabela 18 -	Desdobramento entre a interação dupla de população e arranjo para a variável atura da inserção da primeira vagem (AIV) dos tratamentos utilizados. Safra 2013/14 e Safra 2015/16 .....	99
Tabela 19 -	Desdobramento entre a interação dupla de arranjo e safra de cultivo para a variável atura da inserção da primeira vagem (AIV) dos tratamentos utilizados. ....	100
Tabela 20 -	Resultados das médias da altura de planta (ALP) em função dos diferentes espaçamentos entrelinhas e das safras de cultivo. Londrina 2017. ....	101
Tabela 3	Decomposição das somas de quadrado médios dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.....	109
Tabela 4 -	Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.....	110
Tabela 5 -	Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando arranjo e variando os experimentos e populações de plantas. Londrina, 2017. ....	111
Tabela 12 -	Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.....	112
Tabela 13 -	Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.....	113
Tabela 14 -	Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando arranjo e variando os experimentos e populações de plantas. Londrina, 2017. ....	114

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1.	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA .....	16
2.2.	ARRANJO DE PLANTAS EM SOJA.....	17
2.2.1	Influência sobre os Diferentes Genótipos de Soja.....	17
2.2.2.	Influência da Densidade de Plantas na Cobertura do Solo .....	17
2.2.3.	Influência da Densidade de Plantas na Competição Entre Espécie .....	18
2.2.4	Influência da Densidade no Índice de Área Foliar (IAF) .....	20
2.2.5	Distribuição Espacial de Plantas e seus Efeitos na Fisiologia da Soja .....	22
2.2.6	Plasticidade Fenotípica Da Soja Em Relação Às Falhas No Stand.....	26
2.2.7	Plasticidade Da Soja Em Relação Aos Componentes De Produção E O Rendimento Final De Grãos .....	27
2.2.8	Linhas Paredadas Na Cultura Da Soja .....	30
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31
<b>3.</b>	<b>ARTIGO A: DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA CONDUZIDA EM DIFERENTES ARRANJOS E POPULAÇÕES DE PLANTAS</b> .....	40
3.1	INTRODUÇÃO .....	41
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3.2.1	Caracterização da área experimental e do manejo da cultura.....	44
3.2.2	Caracterização das condições climáticas .....	44
3.2.3	Caracterização do delineamento de experimento de tratamento .....	46
3.2.4	Variáveis analisadas.....	47
3.2.5	Análises e procedimentos estatísticos.....	47
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	49
3.3.1	Discussões Gerais das Condições de Ambiente nos Experimentos .....	49
3.3.2	Análises dos Experimentos .....	50

3.3.3	Resultados do desdobramento das somas de quadrados das interações duplas Aninhadas de Ano de Semeadura e Espaçamentos Entrelinhas – Anexo 1 .....	53
3.4	CONCLUSÕES .....	68
	REFERÊNCIAS .....	69
<b>4.</b>	<b>ARTIGO B: DESENVOLVIMENTO DA SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS .....</b>	<b>79</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	80
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	84
4.2.1	Caracterização da área experimental e do manejo da cultura.....	84
4.2.2	Caracterização das condições climáticas.....	84
4.2.3	Caracterização do delineamento de experimento de tratamento .....	86
4.2.3	Variáveis analisadas.....	87
4.2.4	Análises e procedimentos estatísticos.....	87
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	89
4.3.1	Respostas em Função da interação tripla entre Ano de Semeadura* populações*arranjos de plantas estudadas .....	92
4.3.2	Respostas em Função das Interações entre o Ano de Semeadura e as populações estudadas .....	97
4.3.3	RESPOSTAS EM FUNÇÃO DAS INTERAÇÕES ENTRE AS POPULAÇÕES ESTUDADAS E OS ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS.....	99
4.3.4	Respostas em Função das diferentes populações estudadas e dos Espaçamentos Entrelinhas para variável altura de planta.....	101
4.4	CONCLUSÕES .....	103
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
	ANEXOS.....	108
	ANEXO 1 ARTIGO A .....	109
	ANEXO 2 ARTIGO B .....	112

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura atual vem demandando, a cada ano, crescente incremento nos rendimentos das lavouras, bem como a redução dos custos de produção, através da otimização do uso do solo e da exploração do máximo potencial produtivo dos cultivos adotados aproveitando os recursos naturais disponíveis. Estes incrementos são elementos de suma importância para a competitividade no mercado mundial, bem como para a sustentabilidade do agronegócio brasileiro.

A soja é uma das culturas de maior relevância econômica para o Brasil. Sua evolução ocorreu, inicialmente através da expansão de áreas de cultivo demandando inúmeros avanços tecnológicos, porém, nos últimos dez anos a produtividade média estabilizou-se em torno de três toneladas por hectare.

Os avanços na produção de soja vêm sendo alcançados através da utilização de tecnologias como manejo integrado de pragas e doenças, o controle das plantas daninhas, além da utilização de genótipos cada vez mais adaptados às diferentes condições de cultivo, porém as opções de semeadura em diferentes arranjos de plantas continuam com poucas alternativas.

Uma das tecnologias de maior impacto no setor foi a adoção das cultivares de hábito de crescimento indeterminado, fator decisivo para adequação da soja nos sistemas produtivos soja-milho e soja-trigo. Contudo algumas técnicas de manejo mantêm-se as mesmas há décadas dentre elas, o espaçamento entrelinhas.

A integração de várias técnicas de cultivo pode elevar a produção e ainda permitir o melhor desempenho da soja nas diferentes áreas cultivadas, proporcionando melhores níveis de produção. Dessa forma, podemos destacar a escolha dos cultivares para os diferentes sistemas produtivos, alcançando o melhor desempenho dentro de cada região.

No sistema de produção atual, são disponibilizadas várias tecnologias para os agricultores, destacando-se os cultivares com diferentes grupos de maturação e hábitos de crescimento indeterminado, que alcançam altas produtividades, mesmo em condições climáticas adversas. Estes grupos de cultivares apresentam altos rendimentos em função das distâncias nas entrelinhas e das populações adotadas atualmente, porém com emprego de diferentes técnicas de manejo, sobretudo com a

introdução de mais opções de arranjos de plantas, possibilitaria conseguir maiores rendimentos.

Portanto, o objetivo do trabalho é avaliar o desempenho agrônômico do cultivar de soja CA 7442 RR1 de hábito de crescimento indeterminado, conduzida em diferentes populações de plantas, com espaçamentos entrelinhas simples e pareados, em duas safras de cultivo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA

O Brasil atualmente é um dos grandes produtores e exportadores mundiais de grãos, com destaque para a soja. No mercado internacional de produção, o Brasil, na safra 2014/2015 produziu cerca de 96,24 milhões de toneladas de grãos, um incremento de 11,8% em relação à safra 2013/2014 (CONAB, 2015). Sendo, que no cenário interno, a região Centro Oeste mantém o primeiro lugar em produção destacando o estado do Mato Grosso com produção de 28,01 milhões de toneladas. Enquanto a região Centro Sul mantém a segunda colocação no ranking de produção, na qual o estado do Paraná é responsável pela maior contribuição da produção com 17,21 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

Na safra 2014/15, houve escassez de chuva e elevada temperatura durante os meses de outubro e novembro, fatores concomitantes com início do cultivo da soja no Paraná. Mesmo assim houve um incremento na produção de 2,54% em relação à safra anterior (CONAB, 2015). Esse fato pode ser atribuído à associação da normalização das condições climáticas durante o ciclo de soja e o conjunto de tecnologias adotadas pelos produtores.

De modo geral, a soja é cultivada em todas as regiões do território brasileiro e, independente do clima, apresenta como característica fenológica um ciclo de desenvolvimento que varia entre 100 a 160 dias, de acordo com o grupo de maturação pertencente. Estando dividido em: precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio (EMBRAPA 2014).

No sistema de cultivo atual da soja, para obtenção de elevados patamares de rendimento de grãos é necessário a integração de várias práticas de manejo. Dentre eles alguns itens importantes tais como: a escolha de cultivares com maior adaptabilidade e estabilidade, a escolha do arranjo de plantas, o controle fitossanitário do complexo de pragas, doenças e plantas daninhas, até a utilização de plantas geneticamente modificadas. Os elementos acima destacados são importantes de serem observados para que se possa obter sucesso na produção da soja (LIMA et al., 2008; TOLEDO et al., 2011).

Dentre as opções atuais de cultivos, tem-se um número considerável de cultivares, as quais foram desenvolvidas e lançadas nas últimas safras. Entretanto

as técnicas de manejo utilizadas ainda são as mesmas, e um importante questionamento que tem sido trabalhado nestas últimas safras é quanto ao arranjo das plantas, pois cultivares modernas submetidas em arranjos diferentes podem revelar resultados importantes, uma vez que a maior distribuição na população de plantas na área de plantio possibilita melhor aproveitamento da área, o que pode elevar a produtividade (MADALOSSO, 2007; RAMBO et al., 2004; REZENDE et al., 1985; TOURINO et al., 2002).

Durante o desenvolvimento, a soja pode sofrer a interferência de alguns fatores bióticos e abióticos que prejudicam e/ou limitam a sua produtividade final (DEGRANDE; VIVAN, 2012), como por exemplo, arranjos com excessos de plantas e, em alguns casos a falta de plantas prejudicando a performance dos cultivares adotados.

## 2.2. ARRANJO DE PLANTAS EM SOJA

### 2.2.1 Influência sobre os diferentes genótipos de soja

O potencial produtivo das plantas não é dependente apenas da interação das condições do meio e do manejo empregado, mas também das combinações entre características genéticas e o meio ambiente. Dessa forma, para obter o aumento na produtividade de grãos de soja, a associação entre melhoramento genético de plantas e o manejo do solo e da cultura, em si, podem proporcionar o sucesso na produtividade final (BALBINOT JUNIOR et al., 2015).

Em um sistema de cultivo considerado ideal, para uma determinada cultura atingir o seu máximo de produtividade é necessário que a mesma esteja sobre a influência harmônica e equilibrada destas condições ambientais, ocorrendo assim o mínimo de competição entre as plantas nos diferentes arranjos de plantas (HEIFFIG et al., 2006).

### 2.2.2. Influência da densidade de plantas na cobertura do solo

De modo geral, o arranjo de plantas pode interferir diretamente na velocidade de fechamento das entrelinhas (SHAW; WEBER, 1967; HEIFFIG et al., 2006), na

produção de massa seca, pois dependendo das características morfológicas da planta, a mesma podendo produzir maior quantidade de folhas, aumentando o índice de área foliar (IAF) (COX; CHERNEY, 2011), na própria arquitetura da soja (COX; CHERNEY; SHIELDS, 2010), na incidência e na severidade de doenças (LIMA et al., 2012) especialmente no componente de produção mais importante, ou seja o número de vagens, o que reflete diretamente sobre o rendimento de grãos (BRUIN; PEDERSEN, 2008; HANNA et al., 2008; RAMBO et al., 2003; 2004). Estes impactos são devidos à competição intraespecífica, na captação de recursos do meio ambiente como água, luz, nutrientes e CO<sub>2</sub>.

De acordo com Pires et al. (2008), as modificações no arranjo espacial são realizadas por variações no espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e na distância entrelinhas. Sendo, que um dos objetivos da redução do espaçamento entrelinhas é promover a antecipação do tempo de interceptação das folhas para se atingir cerca de 95% da radiação solar incidente, assim incrementando a quantidade de luz captada pela unidade de área e de tempo (BOARD KAMA; HARVILLE, 1992).

Neste sentido, a altura de planta, o fechamento das entrelinhas e o acamamento, são influenciados pelas condições edafoclimáticas que condicionam o crescimento das plantas, ou seja, região produtora, clima, ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo, que são os fatores que definem a resposta da soja às variações na produtividade (URBEN FILHO; SOUZA, 1993; LAMBERT et al., 2007; CULTIVARES, 2007).

### 2.2.3. Influência da densidade de plantas na competição entre espécie

As alterações relacionadas com as variações no arranjo espacial de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos de produtividade, pois essa variável impacta diretamente na morfologia das plantas em sua distribuição nas linhas e no espaçamento entre as linhas (TOURINO et al., 2002), sendo que para cada grupo de cultivar poder-se-á determinar um arranjo específico.

A competição entre espécie é também importante, pois a soja é menos eficiente na extração de água do solo do que várias plantas daninhas (PROCÓPIO et al., 2013), porém apresenta maior eficiência no uso da radiação, ou seja, maior quantidade de biomassa acumulada por unidade de radiação captada, superior, por

exemplo à *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Desmodium tortuosum* (SANTOS et al., 2003) e, neste sentido, o fechamento cultural rápido promove uma vantagem competitiva para a soja.

Estudos sobre arranjo de plantas podem trazer resultados que permite minimizar esta competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais. As modificações no arranjo podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e da distância entrelinhas (PIRES et al., 1998).

O crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas são limitados por fatores como restrição da atividade biológica a uma estreita faixa de temperatura, incluindo a disponibilidade de energia solar para promover a fixação de CO<sub>2</sub> e a imposição de estresses abióticos, especialmente o suprimento inadequado de água (SINCLAIR, 1994), que em maiores populações e/ou arranjos inadequados impedem a expressão máxima do rendimento de grãos.

As interações destes fatores na expressão das características de um determinado cultivar são descritas nos trabalhos de Heiffig et al. (2006), onde os autores relatam os efeitos das interações ambiente/cultivar/arranjos espaciais. Durante a fase reprodutiva houve o aumento na disponibilidade de radiação solar e temperaturas com médias variando entre 410,6 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (fase vegetativa) e 587,5 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (fase reprodutiva,) valores considerados ideais para o bom desenvolvimento da cultura da soja.

Porém, durante a fase de florescimento e início da granação (estádio R5), foi constatado a redução da disponibilidade de água. No final deste estágio foi registrada a precipitação acumulada de 255 mm, com uma distribuição desuniforme, prejudicando os estádios intermediários e o final da granação, podendo assim, justificar a baixa produtividade do cultivar Conquista (HEIFFIG et al., 2006).

#### 2.2.4 Influência da densidade no Índice de Área Foliar (IAF)

O rendimento máximo de grãos da soja é determinado pela capacidade da planta na interceptação da radiação solar e do acúmulo de matéria seca durante o estágio vegetativo e reprodutivo, sendo este último, dependente, também, de outros fatores como condições meteorológicas, data de semeadura, genótipo, fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entrelinhas (WELLS, 1993).

A maior interceptação de radiação solar é determinada pelo que chamamos de índice de área foliar (IAF), que representa a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo por ela ocupada e é variável de acordo com as espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta (HEIFFIG; CÂMARA, 2000). O aumento do IAF, até um valor crítico, também aumenta a interceptação de luz e, conseqüentemente, a fotossíntese líquida.

O “IAF crítico” é definido como a quantidade de folha requerida para interceptação de 95% da radiação solar ao meio dia. Quando a taxa de crescimento é decrescente, abaixo de um dado IAF, não havendo mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizantes, denomina-se “IAF ótimo” (MÜLLER, 1981).

Shibles e Weber (1967) também referenciaram o auge do IAF por ocasião do fim da frutificação e início da granação da soja, além de terem constatado dois picos de atividade fotossintética: o primeiro no florescimento pleno da soja; o segundo, por ocasião do início do enchimento de grãos, quando a presença de fotoassimilados se faz necessária ao desenvolvimento das vagens e dos grãos no seu interior.

Alguns resultados de pesquisas têm mostrado que a redução do espaçamento entrelinhas pode incrementar a massa seca, aumentar o IAF, reduzindo a competição intraespecífica e, principalmente, possibilitando a maior e mais rápida interceptação da radiação solar, em virtude da melhor distribuição das plantas na área, e com isto resultando em maior rendimento de grãos (PIRES et al., 1998; THOMAS et al., 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999).

A principal razão da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entrelinhas, é a diminuição do tempo para que 95% da radiação solar incidente seja interceptada pela cultura, e com isso, incrementa-se a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD; KAMAL; HARVILLE, 1992).

Trabalho realizado por Mathew et al. (2000), com enriquecimento de luz em estádios de desenvolvimento da soja, indicou aumento no rendimento devido,

principalmente ao aumento do número de vagens. Segundo os autores, o enriquecimento de luz, imposto durante os estádios iniciais de desenvolvimento da soja, poderia incrementar a disponibilidade de fotoassimilados para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e reduzir o aborto de flores e a abscisão de vagens, resultando em maior número final de vagens fixadas pela planta.

Em muitos trabalhos, as menores produtividades são obtidas nos maiores espaçamentos entrelinhas, conseqüentemente com menor número de indivíduos, isto ocorre por causa do menor IAF, e em função das menores populações combinadas. Nos maiores espaçamentos entrelinhas o limite de compensação e crescimento lateral pelas plantas não é atingido e, por esta razão, ficam abaixo do nível mínimo necessário de captação de luz incidente e necessária para a maximização da produtividade agrícola (HEIFFIG et al. 2006).

O aumento da área foliar, devido ao tipo e à população de planta, promove a maior interceptação da radiação solar e o maior acúmulo de matéria seca até os valores máximos de até 10,79 m<sup>2</sup> de área foliar por m<sup>2</sup> de superfície (PORRAS et al., 1997).

A redução de espaçamento entrelinhas de 40 para 20 cm, em semeadura direta, com cultivares de IAF alto (acima de 5) propicia maior rendimento de grãos da soja tanto para plantas com área foliar sem danos quanto com folhas danificadas (PARCIANELLO et al., 2004) em função da incidência de luz no dossel.

Em trabalho apresentado por Rambo et al. (2003), foi possível observar que a demanda de fotoassimilados foi maior nas plantas com o maior número de vagens, e esta foi suprida nos tratamentos com menor competição intraespecífica, principalmente por luz, resultando nos melhores rendimentos de grãos.

O efeito da desfolha realizada em V9 sob o número de vagem por m<sup>2</sup> foi o de aumentar linearmente no espaçamento entrelinhas de 0,40 m., entretanto, quando a desfolha ocorreu na fase reprodutiva houve a redução do número de vagens por m<sup>2</sup>, indicando a menor tolerância ao desfolhamento neste espaçamento e nesta fase da planta. Contudo, no espaçamento entrelinha de 0,20 m, o efeito da desfolha foi reduzido e promoveu menores impactos ao número de vagens por m<sup>2</sup> mesmo quando ocorreu no estágio reprodutivo R5. Parcianello et al. (2004) afirma que um dos fatores que pode ter contribuído para o aumento do número de vagem foi o aumento da incidência de luz no interior do dossel que possibilitou maior fixação de

vagem e, conseqüentemente, maior rendimento de grãos, principalmente para o espaçamento de 20 cm.

O dossel da soja se caracteriza por apresentar uma camada superior de folhas, que dificulta a penetração de luz nos estratos inferiores (RAMBO et al., 2003). Entretanto os arranjos que proporcionaram a melhor distribuição das plantas na área são aqueles que podem favorecer a penetração de luz nos estratos inferiores do dossel, aumentando a produção fotossintética, contribuindo com o aumento no rendimento de grãos (PIRES et al., 1998).

### 2.2.5 Distribuição espacial de plantas e seus efeitos na fisiologia da soja

A distribuição espacial de plantas interfere na morfologia das plantas e também nos componentes do rendimento de grãos. Em trabalho apresentado por Rambo et al. (2003), observou-se aumento do número de ramos por planta quando se reduziu o espaçamento entrelinhas. O número de ramos apresentou diminuição linear com o aumento da população de plantas como reflexo da competição entre plantas.

Além das modificações no número de ramos por planta observa-se também o aumento do comprimento dos ramos da planta, quando se trabalha com espaçamentos reduzidos (BOARD et al. 1990).

O arranjo pode não afetar o comportamento de alguns componentes, neste sentido, Board et al. (1990) observaram que o tamanho do grão e o número de grãos por vagem não são afetados pelo arranjo de plantas, e justificando que isto pode ocorrer em função destes componentes serem determinados no final do ciclo reprodutivo da soja. Já o número de grãos por vagem, bem como a massa do grão têm controle genético substancial e por isso tem pequena variação (IOWA COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, 1994).

Contrariamente a esta afirmação e aos resultados obtidos por alguns autores (PIRES et al., 1998; THOMAS et al., 1998; MAEHLER, 2000), indicam que a massa do grão varia em função das interações dos fatores espaçamento entrelinhas e população de plantas. Moore (1991) também constatou que a massa e o tamanho dos grãos aumentaram, quando os espaçamentos foram equidistantes entre plantas, e que esse aumento ocorreu também com a diminuição da população.

Em situações onde desfolhamento realizado no estágio R5, quando se perdeu parte ou todas as folhas, a planta não teve a capacidade de recompor o seu dossel foliar, tendo que suprir a demanda de fotoassimilados dos grãos apenas com as reservas das demais estruturas vegetativas restantes, o que resultou na menor massa do grão. Segundo Board; Harville (1998), o mecanismo de remobilização de reservas tem um importante papel de compensação em situações de desfolha, especialmente quando ocorrem na fase reprodutiva definindo o rendimento de grãos da soja. Ele também atua na manutenção dos rendimentos em plantas cultivadas sob estresses que pode ocorrer durante o período efetivo de enchimento de grãos.

Trabalhos com população de plantas não têm mostrado efeito no rendimento de grãos, utilizando populações que variaram de 8 até 63 plantas  $m^{-2}$  (PIRES et al., 1998). Estes resultados corroboram com Maehler (2000), o qual não encontrou aumento no rendimento de grãos quando reduziu espaçamento entrelinhas. A população de plantas é definida pela combinação da densidade de plantas na linha de semeadura, com o espaçamento entrelinhas, o que gera influências em algumas características agrônômicas da planta de soja (URBEN FILHO; SOUZA, 1993), bem como pode modificar a produção de grãos (LAM-SANCHEZ; VELOSO, 1974).

Ventimiglia et al. (1999), relataram que se todas as flores presentes em R2 (florescimento) se transformassem em vagens o rendimento poderia ter sido de 18.000  $kg\ ha^{-1}$ , ao passo que se todas as vagens formadas até R5 (início do enchimento de grãos) alcançassem a maturação o rendimento seria de 10.000  $kg\ ha^{-1}$ , enquanto o rendimento final alcançado em R8 foi de 4.600  $kg\ ha^{-1}$ . Esse potencial foi influenciado por diferentes níveis de fertilidade do solo (3 e 15 ppm de fósforo) e por espaçamentos entrelinhas de 20 e 40 cm.

A semeadura determina o estabelecimento do *stand* inicial de plantas que é um dos fatores para se obter altos tetos produtivos. As plantas devem estar uniformemente distribuídas nas linhas, utilizando com eficiência os recursos disponíveis no ambiente (TOURINO et al. 2002).

De acordo com Rambo et al. (2003), a melhor distribuição de plantas na área pode contribuir para o aumento da produtividade, pois permite o melhor aproveitamento da água, da luz,  $CO_2$  e dos nutrientes disponíveis no solo (VENTIMIGLIA et al., 1999; TOURINO et al., 2002).

Em condições de semeadura onde a densidade ficou abaixo de 10 plantas num metro linear foi observado a maior uniformidade na distribuição das plantas,

promovendo aumento no rendimento de grãos de até 400 kg ha<sup>-1</sup>. Desta forma, a utilização de menores densidades de sementes, resultando em plantas uniformemente distribuídas, promoveu os maiores rendimentos das plantas, em função do melhor aproveitamento dos recursos do meio e dos insumos aplicados. Porém a melhor calibração dos equipamentos faz-se necessária para se obter uma uniformidade de semeadura de acima de 60% o que raramente é alcançado em condições de campo, o que implica na necessidade de aprimoramento dos sistemas de distribuição de sementes.

Até a década de 1980, era comum a semeadura da soja na densidade de 400 mil plantas ha<sup>-1</sup> para diminuir a irregularidade na distribuição de plantas, causada pela menor precisão das semeadoras então utilizadas. Esta técnica compensava o *stand* com maior número de plantas (EMBRAPA, 2007). Mas causava inúmeros problemas com acamamento de plantas. Porém as máquinas semeadoras melhoraram sua precisão, reduzindo esse problema.

Sob condições de má distribuição de sementes as plantas de soja ficam sob intensa competição, e desta forma seu comportamento será dependente da sua densidade, o que promoverá alterações na sua morfologia. Nestas condições as plantas tendem a incrementar sua altura, visando a maior captação da radiação. Os efeitos sob o acúmulo de massa seca é o de reduzir, bem como o da área foliar e o da relação folhas/ramos (LAMEGO et al. 2005).

A melhoria na qualidade das sementes produzidas no país e sua classificação por tamanho, bem como o tratamento das sementes e a recomendação da população de plantas, promoveram a diminuição dos problemas com o acamamento de plantas causado pelas altas populações (WATANABE, 2004).

Outro aspecto muito importante que deve ser considerado refere-se ao espaçamento entrelinhas na cultura da soja. Durante décadas utilizou-se espaçamento de 0,45 a 0,50 m, no entanto, atualmente com a intensificação dos meios de produção, ou seja, o aumento da produtividade por unidade de área, pesquisadores do mundo inteiro dedicam-se a estudos aplicados na redução do espaçamento entrelinhas em soja (EMBRAPA 2014).

A adoção de espaçamentos com entrelinhas reduzidos tem se constituído numa alternativa viável, pois tem promovido o aumento do rendimento de grãos para várias situações. Quando foram utilizados espaçamentos entrelinhas de 0,17 m até

1,00 m, verificou-se acréscimos de até 40% no rendimento de grãos para os espaçamentos reduzidos nas mesmas populações devido a melhor distribuição de plantas na linha de cultivo (HERBERT; LITCHFIELD, 1982; ETHREDGE et al., 1989; BOARD et al., 1990; PIRES et al., 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999).

De acordo com Scott e Aldrich (1975), para a situação de redução no espaçamento entrelinhas, vários fatores de produção devem ser observados, como por exemplo, modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas e fechamento da área da entrelinha que resultaram no incremento significativo de produtividade.

Menores espaçamentos em uma mesma população proporcionam melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar e dos recursos limitados ao meio de cultivo, pois permitem a redução da densidade de plantas nas linhas (TOURINO et al. 2002). Isto, de acordo com Ventimiglia et al. 1999, determinaram que o maior potencial de rendimento e produtividade real de grãos, o que justifica o aumento da produtividade obtida por alguns autores como Bullock et al. 1998.

Uma demanda crescente na cultura da soja é a adoção de densidades em torno de 10 a 15 plantas por metro linear, porque mantêm os mesmos níveis de rendimento e permitem a redução nos custos de produção através da redução dos gastos com menores volumes de sementes por área. Segundo Peixoto (1998), a soja têm capacidade de compensar os níveis de rendimento mesmo com a redução do *stand*. Especialmente por sua habilidade de produzir mais vagens por planta, o que contribui para maior tolerância a essa variação.

Rambo et al. (2003), também estudou o arranjo de plantas em menor espaçamento e população, o que proporcionou menor competição intraespecífica, resultando em maior rendimento de grãos, ocasionado pelo maior número de vagens férteis m<sup>2</sup> associado a maior massa do grão.

### 2.2.6 Plasticidade fenotípica da soja em relação às falhas no *stand*

A plasticidade é um comportamento da soja muito dinâmico e que possui impactos distintos em função das condições de cultivos e principalmente, em função dos cultivares utilizados.

Neste sentido, a plasticidade da soja em relação às falhas no *stand* está diretamente relacionada à densidade da semeadura, e esta densidade na cultura da soja é uma condicionante de manejo que impacta diretamente na produtividade. A cultura da soja é capaz de suportar reduções na população sem perdas significativas de produtividade, porém essa capacidade é dependente do cultivar. As variações na população de plantas de soja não interferem no tamanho e na massa dos grãos produzidos (VASQUES et al., 2008).

A produção por planta decresce quando se aumenta a densidade de plantas na linha de plantio, devido à maior competição entre plantas dentro da mesma fileira, resultando em uma tendência à menor produção por unidade de área (PELUZIO et al. 2000). Contudo para alguns cultivares de hábito indeterminado tem sido observado ganhos consistentemente positivos nos Estados Unidos da América (EUA), especialmente utilizando arranjos com os espaçamentos entrelinhas reduzidos (BRUIN; PEDERSEN 2008).

O estudo das altas densidades de plantas indica que elas podem proporcionar efeitos significativos, sendo que na maior densidade os rendimentos de grãos foram maiores em comparação com as menores densidade, o que também foi observado por Nakagawa et al. 1983, em soja de hábito de crescimento determinado.

A maior quantidade de plantas na linha é influenciada pelo espaçamento entrelinha, em trabalho apresentado por Tourino et al. 2002, o espaçamento de 45 cm permitiu o aumento da densidade de plantas finais, porém com perda no rendimento de grãos, enquanto no espaçamento de 60 cm, praticamente não houve resposta ao aumento da população devido a morte de plantas dominadas e não sendo observado efeitos no rendimento de grãos para este espaçamento.

Em arranjos com equidistância de plantas foi observado o aumento no rendimento de grãos (MOORE, 1991; IKEDA, 1992; EGLI, 1994). Contudo, existem grandes dificuldades de se alcançar esta distribuição de plantas no sistema atual de

cultivo o que impossibilita a adoção deste modelo de semeadura. Desta maneira a necessidade de se fazer a semeadura em linhas se mantém por décadas e com espaçamentos bem definidos. E desta forma, os espaçamentos entre as linhas, utilizados atualmente na cultura da soja, variam entre 40 e 60 cm (EMBRAPA, 1997), e as maiores produtividades foram constatadas nos menores espaçamentos (CARDOSO; REZENDE, 1987; GARCIA, 1992).

#### 2.2.7 Plasticidade da soja em relação aos componentes de produção e o rendimento final de grãos

Graças à sua plasticidade, a soja tem tolerância a uma ampla variação na população de plantas, alterando-se mais sua morfologia que o rendimento de grãos (GAUDÊNCIO et al. 1990). O menor efeito na população de soja se deve à capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas (PEIXOTO et al., 2000).

Nos casos em que o aumento da população causa efeito acentuado no acamamento das plantas, populações mais altas podem levar à redução no rendimento de grãos (COOPER, 19971; BALL et al., 2000). As variações entre 200 a 600 mil plantas ha<sup>-1</sup> normalmente não influenciam o rendimento de grãos, ou o faz muito pouco (URBEN FILHO; SOUZA, 1992; PEIXOTO et al., 2000; BALL et al. 2000).

Carpenter e Board (1997) relatam que em experimento, com objetivo de determinar os mecanismos responsáveis pela compensação do rendimento por planta, concluíram que os ajustes nos rendimentos decorrentes de mudanças na população foram devido a alterações no número de vagem por planta. Esses ajustes resultaram de modificações da matéria seca dos ramos, que afetou o número de nós reprodutivos. Em experimentos com objetivo similar Rambo et al. (2004), observaram que o número de vagem com um, dois e três grãos da planta inteira diminuíram linearmente com o aumento da população de plantas.

O número de vagens por planta é o componente do rendimento que mais sofre modificações pela utilização de práticas de manejo diferenciadas (IOWA COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, 1994). Thomas (1992), afirmou que as vagens produzidas nas ramificações da haste principal da planta de soja contribuem com até 70% do rendimento de grãos.

O efeito da população na massa de grãos por planta é variável. Val et al. (1971) afirmaram que não há variação na massa de mil sementes com a mudança na densidade de plantas na linha. Shibles et al. (1967) obtiveram aumento dessa característica relacionado ao aumento da população de plantas. Peixoto (1998) verificou resultados em que, com o aumento da densidade de plantas na linha houve incremento da massa de grãos.

Pires et al. (1998), em trabalho objetivando avaliar os efeitos do arranjo de plantas e níveis de adubação sobre os componentes do rendimento e rendimento de grãos da soja, comentam que, o número de grãos por vagem não sofreu alterações com a modificação do arranjo de plantas.

Board et al. (1990), que o arranjo de plantas não afetou o tamanho do grão e o número de grãos por vagem, segundo o autor isto está relacionado com o momento em que estes componentes são definidos na fase final do desenvolvimento da cultura.

Já o número de grãos por vagem e a massa do grão são influenciados sobretudo pelo controle genético do cultivar e, por isso sofre menores variações (IOWA COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, 1994). Esta afirmação, diverge de outros resultados obtidos por alguns autores (PIRES et al., 1998; THOMAS et al., 1998; MAEHLER, 2000), onde a massa do grão variou em função da interação do fator espaçamento entrelinhas e população de plantas.

Em trabalhos de campo, Moore (1991) observou que a massa e o tamanho dos grãos aumentaram nos espaçamentos onde a distribuição de plantas era equidistante, e que também esse aumento foi observado através da diminuição do *stand* final de plantas.

Os estudos com arranjo de plantas geralmente não têm mostrado efeito na massa do grão da soja (UDOGUCHI; MCCLOUD, 1987; THOMAS et al., 1998; PIRES et al., 1998; PIRES et al., 2000).

A cultura da soja é capaz de suportar grandes reduções de população sem necessariamente sofrer reduções no rendimento de grãos. Essa capacidade é dependente do cultivar. O efeito da densidade de plantas sobre a altura da inserção das primeiras vagens e sobre a altura de plantas foi comentado por Arf (1985), na qual em baixas populações as plantas tendem a crescer menos, apresentar mais ramificações, maior diâmetro do caule, maior número de vagens por planta e menor altura da inserção das primeiras vagens.

Segundo Marcos Filho (1986), a adaptação das plantas de soja aos espaços disponíveis justifica a falta de resposta em muitos experimentos que visam avaliar esses efeitos sobre a produtividade dessa leguminosa. Com espaçamento de 45 cm e densidade de 10 plantas  $m^{-1}$  linear, ocorreu maior produtividade por área, possivelmente devido à melhor distribuição espacial das plantas, o que também contribuiu para o aumento da porcentagem de sua sobrevivência. Em densidades menores, a produtividade por planta aumentou, o que, segundo Garcia (1992), ocorre por causa da capacidade da soja em ajustar os componentes de produção (TOURINO et al. 2002).

Ethredge et al. (1989) obtiveram redução linear no rendimento de grãos do caule e dos ramos das plantas de soja com o aumento da população de plantas. Esta diminuição pode não afetar o rendimento por área, pois o maior número de plantas compensaria o menor rendimento por planta. Um dos componentes da planta que contribui para a maior tolerância à variação na população é o número de vagens por planta, que responde inversamente proporcional ao da população (QUEIROZ, 1975).

A população de plantas é um dos fatores determinantes para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Desta forma, a melhor população de plantas deve possibilitar além do alto rendimento de grãos, altura de planta e de inserção da primeira vagem adequadas à colheita mecanizada e plantas que não acamem (GAUDÊNCIO et al., 1990). Board et al. (1992); Board e Harville (1996), relataram que o incremento no rendimento de grãos da soja em espaçamento entrelinhas reduzido pode ser atribuído ao incremento da interceptação de luz durante o período vegetativo e período reprodutivo inicial (R1 até logo após R5).

Uma das consequências da maior interceptação da radiação é que as folhas da porção inferior da planta, que normalmente não atingem seu potencial fotossintético (JOHNSTON et al., 1969), aumentam a assimilação de  $CO_2$ . Assim, a soja poderia tolerar níveis maiores de desfolhamento quando cultivada em espaçamento reduzido entrelinhas mais do que em espaçamentos amplos. As vantagens do espaçamento estreito (tais como maior área foliar e maior acúmulo de MS) permitiriam maior perda de área foliar, resultando na mesma redução da interceptação de luz de plantas menos desfolhadas em espaçamentos mais largos, mantendo o rendimento de grãos equivalente em ambos os espaçamentos (PARCIANELLO et al., 2004).

### 2.2.8 Linhas pareadas na cultura da soja

O uso de espaçamentos em linhas pareadas têm sido muito estudados na cultura do milho, onde se observa grandes respostas. As linhas pareadas, ou duplas, tem sido adotada no sentido de se aumentar a produtividade, através da melhor interceptação de luz e conseqüentemente em aumento da atividade fotossintética da cultura (NOVACEK et al., 2013).

Na cultura da soja, a adoção de linhas duplas pode levar à redução do porte das plantas não interferindo na produtividade da cultura, ainda neste trabalho Duarte et al. (2016), identificou que, para a variedade ANTA 82 houve resposta para o aumento de população independentemente do arranjo adotado.

As áreas americanas destinadas ao cultivo da soja se entendem de Norte a Sul do país, porém, os espaçamentos variam entre as regiões, onde na região Norte os espaçamentos mais estreitos com até 0,20 m entrelinhas são os mais adotados e na região Sul os espaçamentos mais amplos com até 0,70 m entrelinhas são os mais adotados, visando a melhor interceptação da luz (BRUIN; PEDERSEN, 2008).

A principal razão da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entrelinhas, é a diminuição do tempo para que 95% da radiação solar incidente seja interceptada pela cultura, e com isso, incrementa-se a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD e HARVILLE, 1992).

No sistema de plantio em linhas duplas é feita a adequação da população de plantio visando ajustar o espaçamento entrelinhas, liberando espaços para penetração de luz. Esta modalidade de arranjo pode ser considerada como uma prática agrônômica que pode aumentar o rendimento de grãos com baixo custo de sua adoção. Maiores rendimentos podem ser obtidos sob o arranjo com duas fileiras em comparação ao plantio em espaçamentos simples (Bruns, 2011; Güllüllüoğlu et al., 2016).

## REFERÊNCIAS

ARF, O. **Comportamento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes densidades de plantas em área de reforma de canavial**. 1985. 65p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal.

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**, Londrina, v. 36, n. 3; p. 1215-1226, 2015.

BALL, R. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 757-764, 2000.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; SAXTON, A. M. Narrowrow seed-yield enhancement indeterminate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.64-68, 1990.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BOARD, J. E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B. G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, v.88, n.4, p.567-572, 1996.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Late-planted soybean yield response to reproductive source/sink stress. **Crop Science**, Madison, v. 38, n.3, p. 763-771, 1998.

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

BRUNS, H.A., Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the Mid-South. *Agronomic Journal*. 103, 703–708. 2011

BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1011-1016, 1998.

CARDOSO, D. A. D. B.; REZENDE, P. M. de. Arranjo de plantas. I. Efeito do espaçamento e da densidade no rendimento de grãos e outras características da soja. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 23-33, 1987.

CARPENTER, A.C.; BOARD, J.E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, Madison, v.37, n.5, p.1520-1526, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, **Indicadores da Agropecuária**. Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_08\\_57\\_48\\_bol\\_etim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_bol_etim_graos_setembro_2015.pdf)>. Acesso em 11 nov. 2015.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES - IOWA. How a soybean plant develops. Ames : Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20p.

COOPER, R.L. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p.490-493, 1971.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.

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

CULTIVARES. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, n. 11, p.63-127, 2007.

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da soja. In:\_\_\_\_\_. **Tecnologia e produção: Soja e Milho 2011/2012**. Rondonópolis: FUNDAÇÃO MT, 2012. p. 155-206.

DUARTE, T. C.; CRUZ, SIMÉRIO C. S.; SOARES, G. F.; SENA JÚNIOR, D. G.; MACHADO, C. G. Arranjos espaciais e doses de adubação na produtividade da cultura da soja e seus componentes. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. vol. 20 no.11 Campina Grande Nov. 2016

EGLI, D. B. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1046-1049, 1994.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1996/97**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 164p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil: 1997/1998**. Londrina, 1997. 171 p. (Documentos, 106).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2003**. ISSN - Versão eletrônica, Jan/2003 disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/index.htm>>. Acesso em: outubro 2009.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Circular Técnica 51: 2007. Londrina. 11 p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja**. Circular Técnica 358 Londrina, PR - 2014: 2014. Londrina. 31 p.

ETHREDGE, W. J.; ASHLEY, D. A.; WOODRUFF, J. M. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.6, p.947- 951, 1989.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1992. p. 213-235.

GAUDÊNCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4p. (Comunicado Técnico, 47)

GÜLLÜLLÜOĞLU, ~ L., BAKAL, H., ARIOĞLU, ~ H., The effects of twin-row planting pattern and plant population on seed yield and yield components of soybean at late double-cropped planting in Cukurova region. *Turk. J. Field Crops* 21 (1), 59–65. 2016

HANNA, S.; CONLEY, S. P.; SHANER, G. E.; SANTINI, J. B. Fungicide application timing ad row spacing effect on soybean canopy penetration and grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n.5, p.1488-1492, 2008.

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**, Campinas,v. 65, n.2, p.285-295, 2006.

HERBERT, S.J.; LITCHFIELD, G.V. Partitioning soybean seed yield components. **Crop Science**, Madison, v.22, n.5, p.1074- 1079, 1982.

IKEDA, T. Soybean planting patterns in relation to yield and yield components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 923-926, 1992.

JOHNSTON, T. L.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, p.577-581, 1969.

LAMBERT, E. S.; MEYER, M. C.; KLEPKER, D. (Org.). Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 284).

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LAM-SANCHEZ, A.; VELOSO, E. J. Época de plantio da cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), cultivares “Santa Rosa” e “Viçosa” em Jaboticabal, SP. **Científica**, v. 7, n.2, 1974.

LIMA, C.A.S.; SILVA, L.; MARINATO, R.; Época de semeadura, densidade e irrigação do amendoim. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p. 52-53, 2008.

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p. 954-962, 2012.

MADALOSSO, G. M.; CELMER, A. DEBORTOLI, M. P.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R. S. Controle químico de doenças foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.6, p. 901-904, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86 p.

MAEHLER, A.R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. 2000. 108f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MATHEW, J.P. et al. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n.6, p.1156-1161, 2000.

MOORE, S.H. Uniformity of planting spacing effect on soybean population parameters. *Crop Science*, Madison, v.31, n.4, p.1049-1051, 1991.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109-129.

NAKAGAWA, J. Densidades de plantas e produção de amendoim. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.67-73, 1983.

NOVACEK, M. J.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D.; YASEEN, M.; Twin Rows Minimally Impact Irrigated Maize Yield, Morphology, and Lodging. 2013. **Crop Economics, Production & Management**. Madison, WI

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. **Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entrelinhas**. 2004. Santa Maria.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantio**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

PELUZIO, J. M.; GOMES, R. S; ROCHA, R. N. C; DARY, E. P.; FIDÉLIS, R. R. Densidade e espaçamento de plantas de soja cultivar Conquista em Gurupi – TO. **Bioscience Journal**, v. 16, n. 1, p. 3 – 13, 2000.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.24, n. 2, p. 183-188, 1998.

PIRES, J. L. **Efeito da redução do espaçamento entrelinhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 1998. 94f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PROCÓPIO, S. O.; BALBIONT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento inderteminado. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamento fisiológico de genótipos de soya em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

SCOTT, W. O.; ALDRICH, S. R. **Producción moderna de la soja**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1975, 192p.

SANTOS, R.C. et al. Nova cultivar de amendoim para as condições do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília , v. 35, n.3, p. 665-670, 2003.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 2, p. 155-159, 1967.

SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, n.2, p.155-159, 1967.

SINCLAIR, T.R. Limits to crop yield? In: BOOTE, K.J. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison : American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, 1994. p.509-532.

RAMBO, L. **Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas**. 2004. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F. PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G.. Rendimento dos grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, 2003.

REZENDE, P. M. de; VIEIRA, M. das G. G. C.; FRAGA, A. C.; FAVORETO, C. R. S. Efeitos da densidade de plantas, sobre a produção, qualidade das sementes e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 30-38, 1985.

THOMAS, A. L. **Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta à cobertura morta e à incorporação de gesso ao solo, com e sem irrigação**. 1992. 91f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entrelinhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.543-546, 1998.

TOLEDO, M.Z.; CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.363-371, 2011.

TOURINO, M.C.C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077, 2002.

UDOGUCHI, A.; McCLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil and Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.46, p. 75-79, out, 1987.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N. E. ; SOUZA, P. I. M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.

VAL, W. M. C.; BRANDÃO, S. S.; GALVÃO, J. D.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Experimentiae**, Viçosa, v. 12, n. 12, p.431-475, 1971.

VENTIMIGLIA, L. A. et al. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.

WATANABE, T. S. **Efeito do cultivar, espaçamento e densidade de plantio sobre características agronômicas da soja**. 2004. 37p. Tese. (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 1, n. 81, p. 44-48, 1993.

### 3. ARTIGO A: DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA CONDUZIDA EM DIFERENTES ARRANJOS E POPULAÇÕES DE PLANTAS

**RESUMO** O desenvolvimento de novas tecnologias para a cultura da soja tem se intensificado nas últimas décadas. O Brasil, atualmente o maior exportador de seus grãos busca otimização do uso da terra através de novos índices de produtividade. A introdução de cultivares de hábito de crescimento indeterminado foi uma importante inovação da genética para a soja cultivada no país, elevando os níveis de produtividade e proporcionando maior adaptabilidade e estabilidade destas cultivares às diferentes condições climáticas e épocas de semeadura. Contudo os arranjos de plantas não foram alterados, e em geral, mantêm-se os mesmos há décadas e a produtividade média nacional estagnada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico da soja em diferentes arranjos de plantas. As respostas dos efeitos das diferentes populações e arranjos sobre esta cultivar foram mensuradas através dos seguintes componentes de produção: rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de grãos por planta. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 6x3x2, com quatro repetições. Os fatores de variação foram seis populações distintas (100, 200, 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) três espaçamentos entrelinhas (25, 0,50 m e 25x50 em linhas pareadas) e dois anos de cultivo. Foi aplicado o desdobramento das interações para os fatores aninhados e de acordo com a análise de variância houve interação tripla entre o ano de cultivo, as populações de plantas e os espaçamentos entrelinhas com respostas significativas para todas as variáveis estudadas. O espaçamento entrelinha influenciou a variável rendimento de grãos. O ano de cultivo promoveu respostas significativas para as variáveis rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos por planta. A população de plantas foi o fator que revelou respostas significativas das médias de todas variáveis. As populações com até 300.000 plantas alcançaram os maiores níveis de rendimento de grãos e melhores performances sob os efeitos dos fatores estudados, não se justificando o emprego de maiores populações. Os dados médios do rendimento de grãos obtidos em função da interação entre ano e o arranjo de plantas revelaram superioridade para as linhas pareadas em relação aos espaçamentos com linhas simples com 4732 kg ha<sup>-1</sup> para o espaçamento 0,25x0,50 m, 3817 kg ha<sup>-1</sup> para o 0,50 m e 3628 kg ha<sup>-1</sup> para o 0,25 m, no segundo ano de cultivo, indicando uma nova proposta de espaçamento entrelinhas para os modelos atuais.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L., componentes de rendimento, linhas pareadas, análise conjunta.

### 3. ARTICLE A: SOYBEAN AGRONOMIC PERFORMANCE INDIFFERENT PLANT POPULATIONS AND ARRANGEMENTS

**ABSTRACT** The development of new technologies for soybean crops has intensified in the last decades. The introduction of cultivars of undetermined growth patterns was an important genetic innovation for soybean grown in the country, increasing yield levels and promoting greater adaptability and stability of these cultivars to different climate conditions and seeding periods. However, plant arrangements were unaltered, and, in general, kept the same, with the average national productivity stagnated for decades. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of soybean in different plant arrangements. The assay was carried out during the crop years of 2013/14 and 2015/16 in the Arapongas/PR region. Reactions to the effects of different populations and arrangements on this cultivar were measured by the following production components: grain yield, thousand grains weight, number of grains per pod, number of pods per plant, grain weight per plant. The experimental design in randomized blocks was used, in the 6x3x2 factorial scheme with four replications. Variation factors were six different populations (100, 200, 300, 400, 500 and 600 thousand plants per ha<sup>-1</sup>) three spacing between rows (0.25, 0.50 m and 0.25x0.50 m (twin rows), and two years of cultivation. Nested factors interactions outcomes were applied and, according to the analysis of variance, there was a triple interaction between cultivation year, plant populations and row spacing, with significant responses, for all variables studied. Row spacing influenced the grain yield variable. Cultivation year showed significant responses for grain yield, thousand grains weight, number of grains per pod, number of pods per plant, and grain weight per plant. Plant population was the factor with more significant responses for all variables. Populations up to 300.000 plants reached the highest grain yield levels and the best performances under the effects of the factors studied, making the use of larger populations unnecessary. Grain yield means data obtained in function of the interaction between year and plants arrangement showed superior values for twin rows in relation to the simple row spacing, with 4732 kg.ha<sup>-1</sup> for spacing 0.25x0.50 m, 3817 kg.ha<sup>-1</sup> for 0.50 m and 3628 kg.ha<sup>-1</sup> for 0.25 m, in the second cultivation year, proposing a new row spacing for current models.

**Key words:** *Glycine max* L., double rows, twin rows, plant population.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A agricultura globalizada vem demandando, a cada ano, o crescente incremento nos rendimentos das lavouras, bem como a redução dos custos de produção, através da otimização do uso da terra e da exploração do máximo potencial produtivo dos cultivos adotados e que, estão diretamente relacionados com os recursos naturais disponíveis. Estes incrementos são elementos de suma importância para a competitividade no mercado mundial, bem como para a sustentabilidade do agronegócio brasileiro.

A soja é uma das culturas de maior relevância no mundo e no Brasil, e a sua evolução ocorreu através da expansão de áreas requerendo inúmeros avanços tecnológicos, porém, nos últimos dez anos a produtividade média estabilizou-se ao redor de três ton ha<sup>-1</sup>. As estimativas da Conab para safra 2016/17, indicam uma perspectiva de aumento de 2 milhões de toneladas, motivado pelas ótimas condições de lavouras plantadas no Brasil, com estimativas de alta produtividade na colheita (CONAB 2017). A estimativa da USDA é de que o Brasil continue como o segundo maior produtor de soja do mundo, com 104 milhões de toneladas de soja em grãos, crescimento de 7,77% ou 7,50 milhões de toneladas maior que a safra anterior.

O Brasil tem cultivado uma área de soja aproximada de 29,5 milhões de hectares distribuídas em todas regiões do território brasileiro e, independente do clima, apresenta como característica fenológica o ciclo de desenvolvimento de 100 a 160 dias, com variações de acordo com o grupo de maturação, assim sendo dividido em precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio (FEHR; CAVINESS, 1977; VERNETTI, 1983; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Durante o seu desenvolvimento, a soja pode sofrer a interferência de alguns fatores bióticos e abióticos que prejudicam e/ou limitam a sua produção final (DEGRANDE; VIVAN, 2012), como por exemplo, arranjos com excessos de plantas, em alguns casos a faltas de plantas prejudicando a performance dos cultivares adotados.

O potencial produtivo das plantas não é dependente apenas da interação das condições do meio com a forma de implantação da cultura em campo, e sim da combinação entre características genéticas e o meio ambiente. Dessa forma, para obter o aumento na produtividade de grãos de soja a associação entre

melhoramento genético de plantas, o manejo do solo e da cultura, em si, podem proporcionar o sucesso na produtividade final (BALBINOT JUNIOR et al., 2015).

Uma das tecnologias de maior impacto no setor foi a adoção das cultivares de hábito de crescimento indeterminado, fator decisivo para adequação da soja nos sistemas produtivos soja-milho e soja-trigo. Apesar das alterações genéticas, para cultivares de hábito indeterminado, algumas técnicas de manejo tem permanecido no sistema de produção a décadas, entre elas o arranjo espacial de plantas.

O arranjo espacial de plantas pode interferir diretamente na velocidade de fechamento das entrelinhas (SHAW; WEBER, 1967; HEIFFIG et al., 2006), na produção de massa seca, pois dependendo das características morfológicas da planta, a mesma pode produzir uma maior quantidade de folhas, aumentando a área foliar fotossintetizante (COX; CHERNEY, 2011), na própria arquitetura da soja (plantas mais ramificadas) (COX; CHERNEY; SHIELDS, 2010), na severidade de doenças (formação de microclima) (LIMA et al., 2012) e no componente de produção mais importante, ou seja no rendimento de grãos (BRUIN; PEDERSEN, 2008; HANNA et al., 2008; RAMBO et al., 2003; 2004). Estes impactos são devidos à competição intraespecífica que reflete diretamente na captação de recursos do meio ambiente como água, luz, nutrientes e CO<sub>2</sub>.

Dentro deste cenário, o presente trabalho teve por objetivo, avaliar o desempenho agrônômico do cultivar de soja CA 7442 RR1 de hábito de crescimento indeterminado, em seis populações de plantas, três arranjos espaciais e duas safras agrícolas, contrastantes para as condições de ambiente.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em duas safras de cultivo, sendo o Experimento 1 na safra agrícola de 2013/14 e o Experimento 2 na safra 2015/16. Ambos os experimentos foram conduzidos na Fazenda Gaúcha, localizada na cidade de Arapongas – PR, com as coordenadas geográficas 23° 29' 4" S e 51° 25' 40" O, altitude de 831 metros em relação ao nível do mar.

### 3.2.1 Caracterização da área experimental e do manejo da cultura

O solo da propriedade foi identificado como Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS et al., 2006) e conforme análise realizada possuía os seguintes elementos e quantidades antes da implantação dos experimentos: pH em CaCl<sub>2</sub>: 5,23; C (g dm<sup>-3</sup>): 33,29 ; P (mg dm<sup>-3</sup>), Mehlich 1: 18,49; K<sup>+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mehlich 1: 0,78 ; Ca<sup>+2</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), KCl 1N: 5,31; Mg<sup>+2</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), KCl 1N: 2,22; Al<sup>+3</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), KCl 1N: 0,00; H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), método SMP: 3,75; SB (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): 5,81; V – Índice de saturação de base (%): 55,01; M – Índice de saturação por Al<sup>+3</sup> (%): 0,00; CTC (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): 10,55.

A cultura antecessora a cultura da soja foi a aveia preta (*Avena strigosa* L.). A adubação na semeadura da aveia preta foi adotada visando o sistema de cultivo para a cultura subsequente, com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 10-15-15. A semeadura da soja para os dois anos de cultivo foi sistema de semeadura direto, realizada para as duas safras no mês de outubro. O tratamento de semente utilizado foi realizado com os produtos AVICTA 500FS; CRUISER 250 FS e MAXIM ADVANCED nas doses de 70, 200 e 100 ml por 100 kg de sementes respectivamente. O programa de controle fitossanitário para o manejo plantas daninhas, controle de pragas e de doenças foram realizados conforme orientações técnicas para a cultura.

### 3.2.2 Caracterização das condições climáticas

Os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima da primeira (2013/2014) e segunda safra de cultivo (2015/2016) estão dispostos nas figuras 1 e 2 a seguir. Os resultados dos elementos meteorológicos são demonstrados no

presente estudo, pois servirão de suporte e embasamento de algumas discussões que serão descritas no texto.

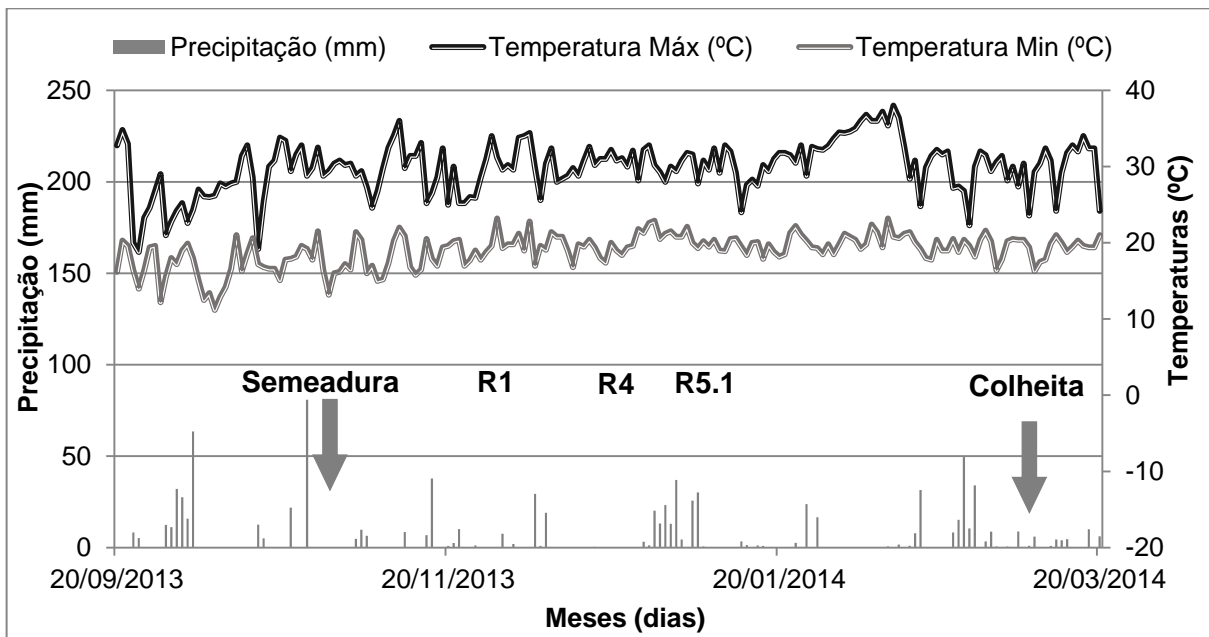


Figura 1. Resultados dos dados meteorológicos para o experimento um (1º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2013 à 20/03/2014. Semeadura em 30 de outubro de 2013

Fonte: IAPAR

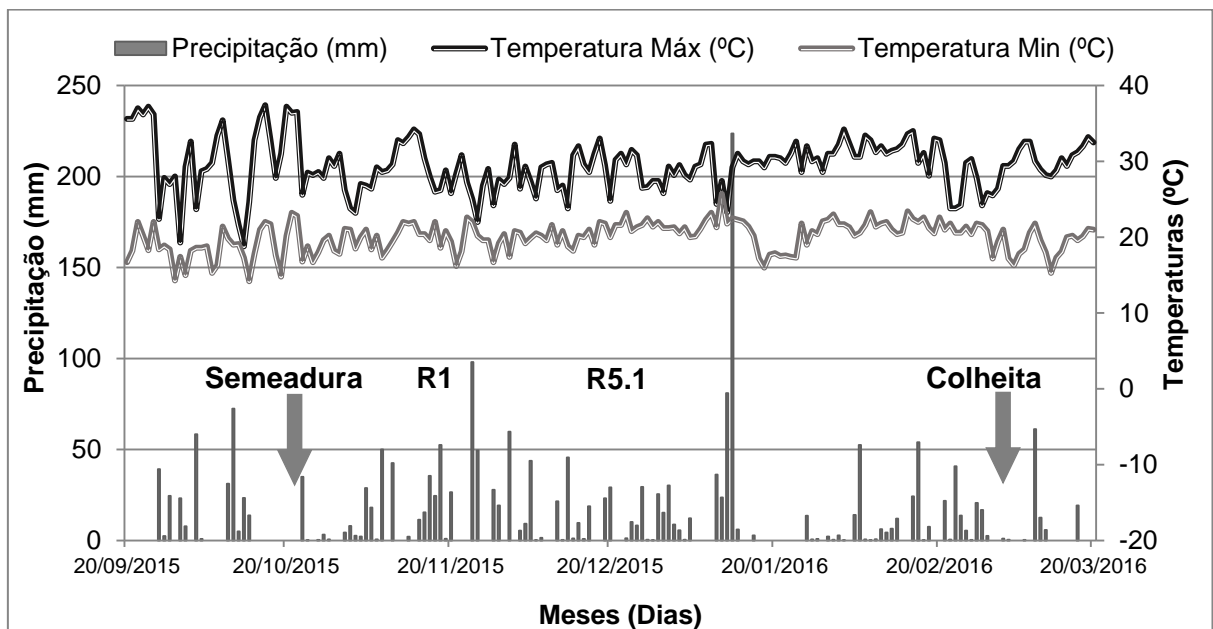


Figura 2. Resultados dos dados meteorológicos para o experimento dois (2º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2015 à 20/03/2016. Semeadura em 23 de outubro de 2015.

Fonte: IAPAR

### 3.2.3 Caracterização do delineamento de experimento de tratamento

Inicialmente foi realizado o levantamento das características estranhas atuantes ou passíveis de serem influenciadoras nos resultados dos efeitos de tratamento, as quais portanto devem ser controladas parcialmente ou totalmente para que os resultados da expressão dos efeitos do delineamento de tratamento sejam confiáveis. Os experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos completos casualizados, no esquema fatorial 3x6x2 com quatro repetições. Os fatores estudados foram:

- i) **fator A** - três arranjos espaciais de plantas: 0,25 m, 50cm e a combinação 0,25x0,50 m;
- ii) **fator B** - seis populações de plantas de soja (100, 200, 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>).
- iii) **fator C** – análise das duas safras de cultivo, conduzidas em 2013/2014 e 2015/2016. Este fator também compõe o efeito da fonte de bloco.

Quanto ao material vegetal de estudo foi utilizada a cultivar CA7442 RR1.

Tabela 1 - Descrição do cultivar de soja utilizado nos ensaios de cultivo de 2013/2014 e 2015/2016. Londrina, 2017.

<b>Cultivar</b>	<b>CA 7442 RR*</b>
Ciclo	Precoce
Grupo de Maturação	5.7
Hábito de Crescimento	Indeterminado
Massa de mil sementes Peneira 5.5	145 gramas
Altura de planta	0,66m
Flor	Branca
Pubescência	Marrom claro
Hilo	Preto
Acamamento	Resistente

**Fonte:** \*Syngenta (2017).

A unidade experimental foi constituída por 16 linhas de semeadura, com cinco metros de comprimento. Para o primeiro nível do fator A (arranjo de 0,25cm), sendo que para esta configuração foi necessário a realização de duas semeaduras na

mesma área com equipamento de GPS da marca TRIMBOW modelo US-17 e piloto automático.

#### 3.2.4 Variáveis analisadas

*Número de vagem por planta (NVP)*: foi determinado pela contagem das vagens presentes em toda a planta, para mensuração desta variável foram amostrados um metro de linha, tomados ao acaso no interior de cada parcela, após as plantas atingirem o estágio R8.

*Massa de grãos por planta (MGP)*: foi determinada através da debulha das vagens e posterior pesagem de seus grãos. Determinou-se a umidade das amostras em um determinador digital e, em seguida, os valores de massa obtidos na pesagem das amostras foram corrigidos para umidade de 13%.

*Número de grãos por planta (NGP)*: foi determinado através da relação entre a massa de grãos de planta com a massa de mil grãos.

*Número de grãos por vagem (NGV)*: foi realizada com base na razão entre o número de grãos por planta de cada parcela pelo seu número de vagens.

*Massa de mil grãos (MMG)*: obtida de acordo com a metodologia proposta por BRASIL (1992), a qual corresponde à média da massa de oito amostras de cem grãos cada, retiradas de forma aleatória da amostra de cada parcela, pesadas em balança digital de precisão. As massas das amostras foram corrigidas para umidade de 13%.

*Rendimento de grãos (RDG)*: foi obtido a partir da colheita mecanizada e pesagem dos grãos da área útil de cada parcela experimental automaticamente com colhedora experimental da marca Almaco SPC-40. Após a colheita os resultados foram corrigidos para umidade de 13% e estendidos para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 3.2.5 Análises e procedimentos estatísticos

Os dados experimentais obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade das variâncias (teste de Levene), linearidade dos erros, aditividade do modelo e de normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilks). Após o atendimento das pressuposições da análise de variação (ANOVA), os dados foram submetidos à análise de variância considerando o modelo matemático trifatorial adotado no plano

experimental. Na presença de significância para interação, o procedimento adotado foi do desdobramento dos efeitos simples dos fatores. Na ausência de significância para interação foram desmembrados os efeitos principais dos fatores separadamente, sendo os qualitativos comparados por teste de médias e o fator quantitativo via regressão linear (população) considerando a probabilidade de 5% de erro. O software utilizado em todas as análises foi o SAS.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.3.1 Discussões Gerais das Condições de Ambiente nos Experimentos

Conforme ilustrado nas figuras 1 e 2, as condições meteorológicas atuantes no Experimento 2 são características do regime de chuva denominado “El Niño”. Os índices pluviométricos foram os maiores já registrados para a região de Arapongas-PR. Neste sentido pode-se afirmar que estas condições contrastam com as condições do Experimento 1, onde houve sazonalidade de distribuição de chuvas, principalmente no período de enchimento de grãos. As condições de temperatura na safra de 2015/2016 estiveram dentro dos níveis ideais para a cultura da soja, o que contrasta com as temperaturas registradas no experimento 1, o qual revelou temperaturas acima dos 30° C durante a maior parte do período de enchimento de grãos. Pires et al. (2000) relata que a soja apresenta características de alta plasticidade fenotípica, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes de rendimento. A forma com que tais modificações ocorrem pode estar relacionada com fatores como a fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entrelinhas, sendo importante suas interações para conhecer qual o arranjo conjunto dessas práticas traria respostas mais favoráveis no rendimento da lavoura.

De maneira geral, o 1º experimento apresentou períodos com temperaturas máximas acima dos 30° C na maior parte do desenvolvimento das plantas e ausência de chuvas durante o enchimento de grãos, o que promoveu fortes impactos na granação da soja. O 2º experimento foi realizado sob as condições meteorológicas características do regime de chuva denominado “El Niño”, onde os índices pluviométricos foram os maiores já registrados para a região de Arapongas. Neste sentido, os contrastes entre os dois anos caracterizam as ótimas condições para se avaliar as respostas das variáveis aos fatores estudados. Para Peixoto et al. (2000) o conjunto dos elementos meteorológicos reagem entre si e interagem com a planta, promovendo assim variações no rendimento de grãos e também em outras características agrônômicas, uma vez que segundo o mesmo autor as condições que mais afetam o desenvolvimento da soja são as que envolvem variações dos fatores meteorológicos: temperatura, umidade do solo e principalmente fotoperíodo.

### 3.3.2 Análises dos Experimentos

Os resultados da análise de variância para as variáveis estudadas estão apresentados na Tabela 2. Houve efeitos significativos para a interação tripla entre experimento x arranjo x população de plantas para as variáveis rendimento de grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem. A presença de significância desta interação revela que para as diferentes safras são indicados um melhor arranjo e uma população de plantas, e onde a combinação de determinados arranjos e a população de plantas não é constante para todas as safras, estes fatores são dependentes também das condições de cada uma das safras de cultivo.

Esta significância também indica que o fator de variação espaçamento entrelinhas interfere no comportamento das variáveis dentro das interações dos fatores de variação anos de semeadura e as populações de plantas. E finalmente, que o fator de variação população de plantas interfere nos espaçamentos entrelinhas nos diferentes anos de semeadura adotados no campo.

Barni et al. (1995), Gaudêncio et al. (1990) e Peixoto et al. (2000) relataram que os manejos da cultura da soja, como arranjo e manejo, influenciam diretamente os componentes do rendimento, tais como, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa dos grãos e o rendimento de grãos. Os mesmos autores relatam que a soja tolera uma ampla variação na população de plantas, onde é alterada mais a sua morfologia que o rendimento de grãos, entretanto conforme os resultados da análise de variância, os efeitos da interação demonstraram que em condições de ambiente contrastantes, o arranjo de plantas e as populações interagem entre si.

A variável massa de grãos por planta (MGP) revelou interação significativa entre os fatores experimento x população, indicando que houve diferentes comportamentos dos níveis de populações estudados nas duas safras de cultivo. A variável massa de mil grãos MMG apresentou respostas significativas para o fator de variação ano de semeadura, indicando que o comportamento desta variável é dependente das condições climáticas. A variação das densidades populacionais, bem como, a distribuição de plantas nos diferentes espaçamentos entrelinhas estudadas, não promoveram efeito sobre o comportamento desta variável.

A variável NGP não revelou efeitos significativos para as interações dos fatores de tratamentos planejados para este estudo (Tabela 1). Porém, a variável

apresentou respostas significativas para o fator experimento e também para o fator de variação população. O que indica que o comportamento da média da variável oscila conforme as condições climáticas de cada safra e também que o NGP é a variável conforme as populações de plantas adotadas, porém para saber-se qual a resposta em função da população são necessárias análises complementares que serão apresentadas neste texto, posteriormente a abertura das interações para as outras variáveis.

A confiabilidade dos resultados podem ser indicadas pelo coeficiente de variação (CV%) e pelo coeficiente de determinação do modelo matemático adotado, os quais são apresentados neste estudo na Tabela 2. O coeficiente de variação para as variáveis estudadas teve amplitude de variação de 7,3% a 27,3%, tratando-se de experimentos a campo e tendo conhecimento da natureza das variáveis (discretas e contínuas) os níveis de variação e a confiabilidade são satisfatórios. As magnitudes dos coeficientes de variação para estas variáveis, estão de acordo aos estudos de Bahry et al. (2014), no qual o autor avaliou os efeitos da aplicação de nitrogênio em diferentes doses e épocas de aplicação sobre caracteres relacionados ao número de grãos por vagens e rendimento de grãos, de acordo também aos estudos de Silveira et al. (2016) no qual foram avaliados a estabilidade e adaptabilidade de 10 genótipos de soja em 12 ambiente, a magnitude do coeficiente de variação do autor foi de 8,25%, abaixo do nível apresentado neste trabalho, porém tais estimativas são aceitáveis de acordo com Pimentel Gomes (1995). O modelo estatístico adotado no plano experimental revelou eficiência no controle das fontes de variação.

Desta forma, como recomendação pôde-se indicar, conforme a Tabela 2 da Anova conjunta, que para cada safra existe um arranjo e uma população de plantas que podem potencializar os ganhos para as variáveis acima destacadas. Porém para fins de recomendação de qual nível de cada fator são necessárias análises complementares, conforme será abordado nos passos seguintes de forma segmentada. Peixoto et al. (2000) já comentará que as respostas da soja à variação no espaçamento e densidade de plantas não são, via de regra, consistentes, variando de ano para ano e em função também de cultivares e das condições ambientais a que são submetidas, o autor concluiu que os caracteres componentes do rendimento apresentam variações entre eles, com efeito de compensação no sentido de uniformizar o rendimento de grãos, entre cultivares, densidades e época de  
semeadura.

Tabela 2- Resumo da análise de variância do experimento trifatorial com seis populações de plantas x três arranjos x duas safras agrícolas para as diferentes características avaliadas em soja Safra 2013/2014 e Safra 15/16. Londrina, 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		RDG <sup>1</sup>	MMG	NGP	NVP	NGV	MGP
Bloco (Exp)	6	257639,4 **	230,4 **	3692,9 *	47,34 ns	0,08 ns	70,24 **
Experimento	1	79882183,4 **	218758,9 **	85176,4 **	724,9 *	9,3 **	794,30 **
População	5	1069870 **	135,7 ns	198283,6 **	15387,4 **	0,36 *	2252,69 **
Arranjo	2	5635461,1 **	25,8 ns	231,5 ns	233,8 ns	0,03 ns	2,13 ns
Exp*Pop	5	1387982,9 **	61,1 ns	2380,6 ns	2830,0 **	1,26 **	113,71 **
Exp*Arranjo	2	4948015,9 **	36,4 ns	262,9 ns	454,7 *	0,01 ns	3,01 ns
Pop*Arranjo	10	735115,2 **	108,6 ns	194,9 ns	137,1 ns	0,05 ns	3,67 ns
Exp*Pop*Arranjo	10	815481,6 **	96,2 ns	278,3 ns	278,91 *	0,32 *	2,00 ns
<b>Erro</b>	102	314664,5	59,4	1099,2	80,5	0,09	12,08
<b>Média</b>		3348,2	106	128,2	46,73	2,07	12,75
<b>CV%</b>		16,8	7,3	25,8	19,19	15,05	27,3

<sup>1</sup> – RDG rendimento de grãos; MMG massa de mil grãos; NVP número de vagens por planta; NGP número de grãos por planta; NGV número de grãos por vagem; MGP massa de grãos por planta; ns não significativo, \* e \*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

### 3.3.3 Resultados do desdobramento das somas de quadrados das interações duplas Aninhadas de Ano de Semeadura e Espaçamentos Entrelinhas – Anexo 1

Os resultados das diferentes populações de plantas nas interações entre os fatores aninhados: arranjo x safra agrícola revelaram interações para as variáveis RDG, MMG, NGP, NVP, NGV e MGP e estão dispostos na Tabela 3. As interações triplas ocorrem quando um fator de variação (neste ponto a população de plantas), irá promover diferença na interação entre outros fatores de variação.

As interações triplas apresentadas na Anova conjunta foram submetidas à decomposição dos fatores aninhados de forma a se analisar se estas interações foram influenciadas de forma individual para as condições em que foram identificadas. A interação entre fatores poderia se manifestar nestas decomposições, mesmo que a Anova conjunta não tenha indicado significância, as decomposições apontam os níveis dentro dos fatores, especificamente, que revelam significância, uma vez que a ausência de interação entre os fatores principais não implica em ausência de significância entre algum nível dos fatores principais. Segundo KUEHL (1994), as comparações entre tratamentos podem ser afetadas substancialmente pelas condições em que ocorrem, e, interpretações claras dos efeitos de um tratamento precisam ser levadas em conta para o efeito de outros tratamentos. Isso significa que a interação entre fatores pode estar presente em tais delineamentos e, sendo a interação significativa, é necessário fazer um estudo dessa interação através de sua decomposição em fatores aninhados.

Com relação aos resultados da significância dos fatores aninhados Pop(Exp x Arranjo), revelou-se significância para RDG para os níveis de Pop(Exp2 x Arranjo1) e Pop(Exp2 x Arranjo3), indicando que os efeitos da população de plantas exercem influência sobre estas interações duplas levantadas. Para a MMG houve significância para o fator aninhado de Pop(Exp1 x Arranjo2) e Pop(Exp2 x Arranjo1). As variáveis NGP, NVP e MGP apresentaram interação significativa para todos os níveis dos fatores aninhados dentro de população, indicando com maior veemência que a população de plantas gera influência sobre as interações duplas de experimento e arranjo. O NGV revelou interação para os fatores aninhados de Pop(Exp1 x Arranjo 1; Pop(Exp2 x Arranjo1); Pop(Exp2 x Arranjo2) e Pop(Exp2 x Arranjo3). Os resultados da decomposição demonstram que mesmo na ausência de significância para interação dos efeitos principais á níveis dentro destes fatores que

são significativos, o que torna importante e interessante de serem analisados. Bruin & Pedersen (2009) destacam que genótipos de soja modernos apresentam maior rendimento de grãos, em razão da maior produção por planta e a maior tolerância à altas densidades que genótipos de soja lançados a um maior tempo.

Para Walker et al. (2010) as populações ideais de plantas são dependentes e sofrem variação em função do espaçamento entrelinhas que é adotado. Boar & Harville (1993), Thomas et al. (2010) relatam que em semeaduras tardias, os espaçamentos reduzidos podem proporcionar maior número de nós reprodutivos por área, com rendimentos mais elevados que os obtidos nos espaçamentos tradicionais. De acordo com Heintze (2007) que testou o efeito de cinco espaçamentos entrelinhas no rendimento de grãos da soja do cultivar CD 214 RR com população 350000 os resultados foram superiores para rendimento de grãos.

#### 3.3.4 Resultados do desdobramento das somas de quadrados das interações duplas Aninhadas de população e arranjo de plantas – Anexo 1

As interações provocadas pelos fatores arranjo x população de plantas aninhados dentro de experimento são apresentadas na Tabela 4.

Os resultados do desdobramento da interação demonstram que para o RDG os efeitos de safra de cultivo influenciam a interação de população x arranjo em 15 das 18 interações possíveis. Isso prova a grande influência que diferentes safras de cultivo exercem sobre a interação dos fatores pop x arranjo, que são representados pela expressão de resposta do RDG. Conforme os trabalhos de Peixoto et al. (2000) e Pires et al. (2000) o ambiente de cultivo, ou as condições edafoclimáticas exercem fortes alterações na morfologia e nos componentes de rendimento da soja.

Com relação a variável MMG houve efeitos significativos para todas as interações duplas dos fatores aninhados Exp(pop x arranjo), revelando a forte influência das ações ambientes sobre a MMG. As variáveis NGP, NVP, NGV e MGP também revelaram um número de níveis de significância elevado para as interações duplas dos fatores aninhados dentro de experimento. Pode-se destacar que as variáveis NGP, NVP e MGP, considerando ambas as safras de cultivo não revelaram interações entre pop x arranjo (Tabela 2) para as populações abaixo de 400000 mil plantas.

Vale ressaltar que os desdobramentos dos efeitos aninhados dentro de ano,

permitiram a identificação da grande influência que uns fatores exercem sobre outros, nesta tabela, de safra de cultivo sobre as populações e arranjos de plantas, analisadas principalmente nas variáveis que não apresentaram significância para a interação, como são os exemplos da MMG, NGP e MGP.

### 3.3.5 Resultados do desdobramento das somas de quadrados das interações duplas Aninhadas de experimento e populações de plantas – Anexo 1

Os resultados do desdobramento da interação entre experimento e populações de plantas aninhado com arranjos de plantas são apresentados na Tabela 5.

O desdobramento da análise revela que ocorreram interações significativas na segunda safra de cultivo para todas as variáveis. Podendo ser destacado que a variável rendimento de grãos revelou um número maior de interações que as demais variáveis para a respectiva safra agrícola. Tais resultados apontam que os efeitos do arranjo de plantas causam interferência sobre as interações entre experimento e populações de plantas, principalmente para esta variável estudada na segunda safra de cultivo. As presenças de significância para interação apenas para as combinações de interação nesta safra possivelmente são decorrentes das maiores magnitudes de médias de rendimento de grãos que serão destacadas posteriormente.

De maneira geral, entre as três combinações estudadas dos fatores aninhados, pode-se destacar que o efeito do arranjo de plantas causou a menor contribuição para a significância da interação entre os demais fatores, experimento e população de plantas. Solano & Yamashita (2012) observaram que, em população fixa de 400.000 plantas  $ha^{-1}$ , os diferentes espaçamentos não interferiram no componente número de vagens entre as cultivares estudadas, mas revelou significância para a comparação entre as cultivares nos diferentes espaçamentos, desta forma, os resultados apontam que dependendo do cultivar adotada no plano experimental a resposta nos componentes de rendimento sofre variações que podem tornar-se significativas. Embora alguns trabalhos identificaram efeitos significativos em diferentes espaçamentos entrelinhas, Castoldi et al. (2009) observou que apenas com a adoção do espaçamento entrelinhas de 15 cm foi obtido maior número de vagens/planta.

Os resultados do desdobramento das médias da interação tripla população x arranjo x experimento para as variáveis rendimento de grãos (RDG), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) estão apresentados na Tabela 6.

Com relação ao desdobramento da interação tripla para a variável rendimento de grãos (RDG) pode-se observar superioridade das médias do experimento 2, segunda safra de cultivo, em comparação com as médias do experimento 1, primeira safra de cultivo, isto para todos as populações e arranjos de plantas estudados. Os resultados obtidos para esta fonte de variação possivelmente estão relacionados com os dados de precipitação, que são demonstrados nas figuras 1 e 2, onde se registra os baixos níveis de pluviosidade na primeira safra, no experimento 1 e níveis maiores e mais elevados na segunda safra de cultivo, experimento 2. A precipitação entre todos os elementos meteorológicos é crucial para obtenção de maior rendimento de grãos, pois a água está diretamente associada com as fases de crescimento e desenvolvimento da planta, assim como com o desenvolvimento das estruturas reprodutivas e com o enchimento de grãos, logo o estresse por deficiência hídrica em qualquer uma destas etapas possivelmente venha a comprometer os componentes de rendimento de grãos e o rendimento de grãos, especificamente.

Na análise da comparação de médias do experimento 1, para a mesma população, percebemos a ausência de efeitos significativos para comparação de arranjos na mesma população em todo o experimento 1. Cabe ressaltar que a produtividade média de todas as fontes de variação ficaram abaixo de 3 toneladas, ou seja próximo a média nacional, característica que não é comumente observada em ensaios conduzidos na região, na qual as respostas para o rendimento de grãos são consideravelmente superiores. A presença do estresse hídrico neste ano (Figura 1) revela que os efeitos foram consideravelmente pronunciáveis o que neutralizou a expressão de significância das demais fontes de variação presentes no experimento (população e arranjo de plantas). Biologicamente, o estresse é considerado um desvio significativo das condições ideais em que as plantas são cultivadas, impedindo-as de expressar plenamente o seu potencial genético de crescimento, desenvolvimento e reprodução, as mudanças e respostas induzidas, em todos os níveis funcionais do organismo, a princípio, são reversíveis (deformação elástica), mas podem se tornar permanentes (deformação plástica). Os estresses abióticos podem desencadear uma série de respostas nas plantas a partir de alterações da

expressão gênica e do metabolismo celular. A duração, severidade e frequência com que um estresse é imposto, bem como os órgãos e tecidos afetados, estágio de desenvolvimento e o genótipo, também influenciam a resposta das plantas ao estresse. Conseqüentemente, combinação diversa de condições pode provocar respostas diferenciadas das plantas ao mesmo tipo de estresse. A definição de seca é dada como, um fenômeno multidimensional, incluindo não apenas a deficiência hídrica no solo, mas também a da atmosfera, que, por seu turno, é fundamentalmente determinada pela umidade relativa e pela temperatura do ar.

A ocorrência de estresse abiótico, conforme comentado acima, compromete todo os mecanismos fisiológicos do crescimento e desenvolvimento de qualquer cultura, pois as plantas em condições de estresse hídrico demandam maior quantidade de água para resfriamento dos mecanismos internos, pela maior abertura estomática, podendo destacar aqui que o estresse hídrico geralmente está associado a temperaturas elevadas, assim como, elevam as perdas pela redução de transpiração, uma vez que espécies com mecanismos C3, como é o caso da soja, são menos eficientes na utilização das moléculas de carbonos captadas durante a fotossíntese.

As plantas tendem a se adaptar as condições de déficit hídrico, porém este é um mecanismo muito complexo, envolvendo alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares. A área foliar e a condutância estomática (grau de abertura dos estômatos) são os principais fatores que determinam as taxas transpiratórias e, portanto, a sua diminuição permite que o potencial hídrico aumente ou se mantenha dentro de limites que possibilitem a manutenção do desenvolvimento vegetal. Esses fatores são também os principais determinantes de carbono acumulado pelas plantas. Uma área foliar reduzida pode levar a menor interceptação de radiação luminosa, contribuindo, pois, para a redução das taxas fotossintéticas. A redução na condutância estomática, leva a menor influxo de CO<sub>2</sub> para o interior dos cloroplastos, causando reduções nas taxas fotossintéticas e contribuindo para menor acúmulo de biomassa pelo vegetal. Dessa forma, a condutância estomática é o principal agravante do processo fotossintético em condições de deficiência hídrica, outro agravante é a redução da transpiração, que proporciona aumento da temperatura foliar (com possíveis reflexos no aumento da respiração de manutenção e da fotorrespiração) através da redução da condutância estomática. Mecanismos que podem contornar estes problemas são

desenvolvimento de cultivares com mecanismos concentradores de CO<sub>2</sub>, por exemplo o encontrado em espécies de metabolismo C<sub>4</sub>. Outra estratégia seria o aumento na especificidade da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco) ao CO<sub>2</sub>, reduzindo, assim, as perdas relacionadas à fotorrespiração em plantas C<sub>3</sub>. O aumento na condutância mesofílica está diretamente associado a aumentos nas taxas fotossintéticas, sem que haja a necessidade de maior condutância estomática. Outra estratégia envolve o aumento da massa foliar específica, uma vez que esse aumento representa maior quantidade de maquinaria fotossintética por unidade de área foliar.

Com relação ao experimento 2, segunda safra de cultivo, são observadas diferenças significativas entre os diferentes arranjos de plantas para a mesma população. Para a população de 100000 plantas o arranjo de 0,25x0,50 m apresenta-se com média de RDG superior aos arranjos 0,25 e 0,50 m, é importante destacar que tal superioridade é acima de 1200 kg ha<sup>-1</sup>. Em todas as populações estudadas o arranjo 0,25 x 0,5 revelou médias iguais ou superiores aos demais arranjos em todas as populações de plantas estudadas. Neste sentido, as comparações do rendimento de grãos pela análise da regressão (Figura 3) considerando a abertura da interação do experimento 2 para os arranjos 0,25 e 0,25x0,50, demonstra elevada superioridade de médias do arranjo 0,25 x 0,50 nas populações de 300 e 400 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A maior magnitude de médias do arranjo 0,25 é revelada na população de 400 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Peixoto et al. (2000) relatou que, a maior resposta em rendimento de grãos se verifica para a variação nos espaçamentos entrelinhas de planta, com uma tendência de maiores rendimentos nos menores espaçamentos. A menor resposta da soja à população se deve à sua capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas. Pires et al. (2000), trabalhou com a estimativa do potencial de rendimento da soja, considerando dois espaçamentos de 20 e 40 cm e duas populações de plantas 30 e 40 plantas m<sup>-2</sup>, concluiu pelas estimativas de rendimento de grãos que independentemente do número de plantas o espaçamento de 20 cm proporciona maior potencial de rendimento, principalmente no início do enchimento de grãos, o que remete a obtenção de rendimento elevado se as condições de solo e meteorológicas forem favoráveis.

Tabela 3- Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis rendimento de grãos RDG; massa de mil grãos MMG; número de grãos por planta NGP; número de vagem por planta NVP; número

População	Arranjo	RDG				NVP				NGV			
		Exp 1		Exp 2		Exp 1		Exp 2		Exp 1		Exp 2	
100000	0,25 m	2501 a	B	3858 b	A	140 a	B	62 b	A	1,65 b	B	2,75 a	A
	0,5 m	2337 a	B	3663 b	A	121 b	B	77 a	A	2,12 a	B	2,37 ab	A
	0,25x0,50 m	2558 a	B	5060 a	A	94 c	B	73 ab	A	2,45 a	B	2,05 b	A
200000	0,25 m	2526 a	B	3534 b	A	61 a	B	55 a	A	2,25 a	B	1,82 a	A
	0,5 m	2487 a	B	3244 b	A	57 a	B	48 a	A	2,15 a	B	1,92 a	A
	0,25x0,50 m	2456 a	B	4483 a	A	56 a	B	56 a	A	2,30 a	B	2,07 a	A
300000	0,25 m	2633 a	B	3684 b	A	36 a	B	41 a	A	2,52 a	B	1,77 a	A
	0,5 m	2623 a	B	4167 b	A	36 a	B	44 a	A	2,60 a	B	1,75 a	A
	0,25x0,50 m	2700 a	B	5604 a	A	35 a	B	37 a	A	2,47 a	B	2,05 a	A
400000	0,25 m	2916 a	B	4452 ab	A	38 a	B	38 a	A	2,32 a	B	1,50 a	A
	0,5 m	2364 a	B	3639 b	A	28 a	B	37 a	A	2,50 a	B	1,57 a	A
	0,25x0,50 m	2700 a	B	5316 a	A	27 a	B	37 a	A	2,35 a	B	1,57 a	A
500000	0,25 m	2838 a	B	3357 b	A	28 a	B	33 a	A	2,57 ab	B	1,42 a	A
	0,5 m	2403 a	B	4310 a	A	27 a	B	31 a	A	2,17 b	B	1,72 a	A
	0,25x0,50 m	2718 a	B	4059 ab	A	25 a	B	36 a	A	2,62 a	B	1,60 a	A
600000	0,25 m	2871 a	B	2879 b	A	22 a	B	33 a	A	2,50 a	B	1,60 a	A
	0,5 m	2449 a	B	3881 a	A	24 a	B	31 a	A	2,22 ab	B	1,50 a	A
	0,25x0,50 m	2780 a	B	3869 a	A	26 a	B	32 a	A	2,07 b	B	1,62 a	A

\*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro.

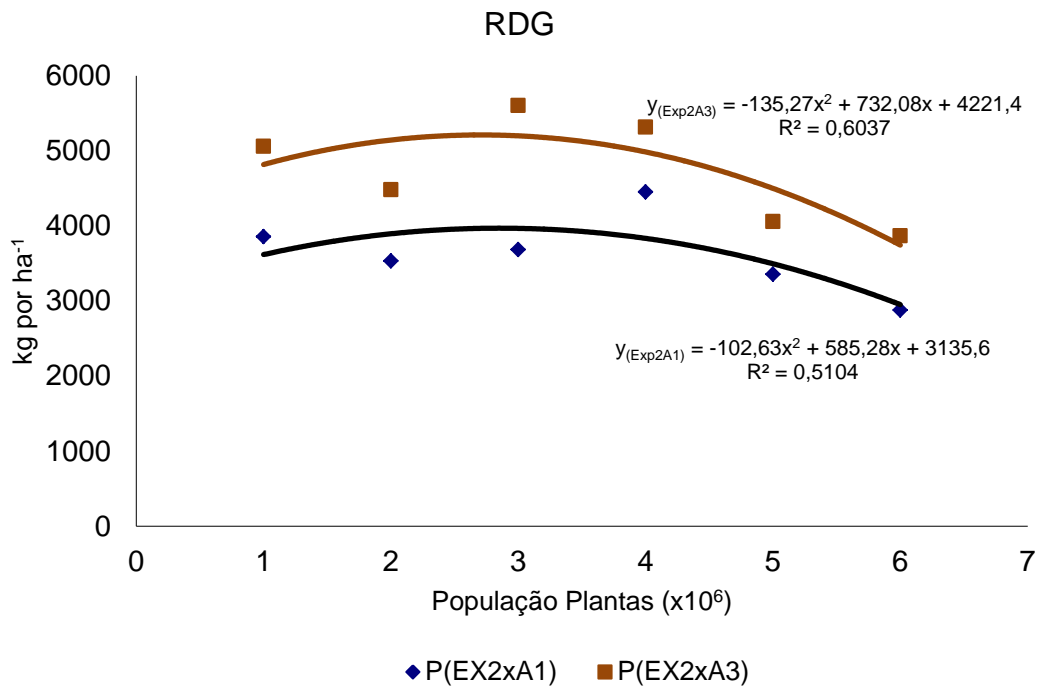


Figura 3 - Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis rendimento de grãos. Londrina, 2017.

Com relação a variável número de vagens por planta (NVP) o experimento 1 apresentou maior NVP que o experimento 2. Tais diferenças foram observadas na população de 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>, os demais tratamentos não revelaram efeitos significativos. Na população supracitada, para a primeira safra o arranjo com maior NVP foi 0,25, na segunda safra de cultivo foi arranjo de 0,50, porém não diferindo do arranjo 0,25x0,50. Ludwig et al. (2007) e Tragnago et al. (2011) também avaliaram o efeito da combinação de diferentes densidades de semeadura e os tipos de hábito crescimentos indeterminado e determinado sobre a redução do número de vagens por plantas e concluíram que as maiores populações apresentaram as menores quantidades de vagens por planta, dados que corroboram com este trabalho. Os dados do presente trabalho estão também de acordo com Peixoto et al. (2000), que descreve que um dos componentes da planta que contribui para a maior tolerância a variação na população é o número de vagens por planta que varia inversamente ao aumento ou redução da população de plantas.

Na análise da regressão para a variável NVP (Figura 4) as populações entre 300 e 600 mil plantas por hectare apontam diferenças em níveis muito pequenos. Porém, analisando de uma maneira mais criteriosa, os resultados do arranjo 0,50 para as duas safras de cultivo, podemos de maneira minuciosa identificar que com

aumento da densidade de plantas na linha (aumento da população), que é maior neste arranjo, há uma acentuada queda no número de vagens por planta. Estas respostas, de acordo com Pires et al. (2000) indicam que, para espaçamento, o que comanda a produção ou retenção de legumes é a competição entre plantas, uma vez que o aumento da competição, pelo adensamento das plantas na linha, diminui o número de legumes. Segundo o autor, isso pode reforçar a hipótese da limitação nutricional exemplificada por Heitholt et al. (1986). O autor discute, que nos estádios iniciais de formação das estruturas reprodutivas,  $R_2$  e  $R_5$ , a redução da população não permitiu compensar o número de legumes  $m^{-2}$  produzidos por uma população de 40 plantas  $m^{-2}$ . Após o início do enchimento, ocorre um aumento da competição entre as plantas pelos fatores diretamente relacionados ao rendimento de grãos, reduzindo a capacidade produtiva individual das plantas sob maiores populações, tendendo a se aproximar aos rendimentos entre as populações.

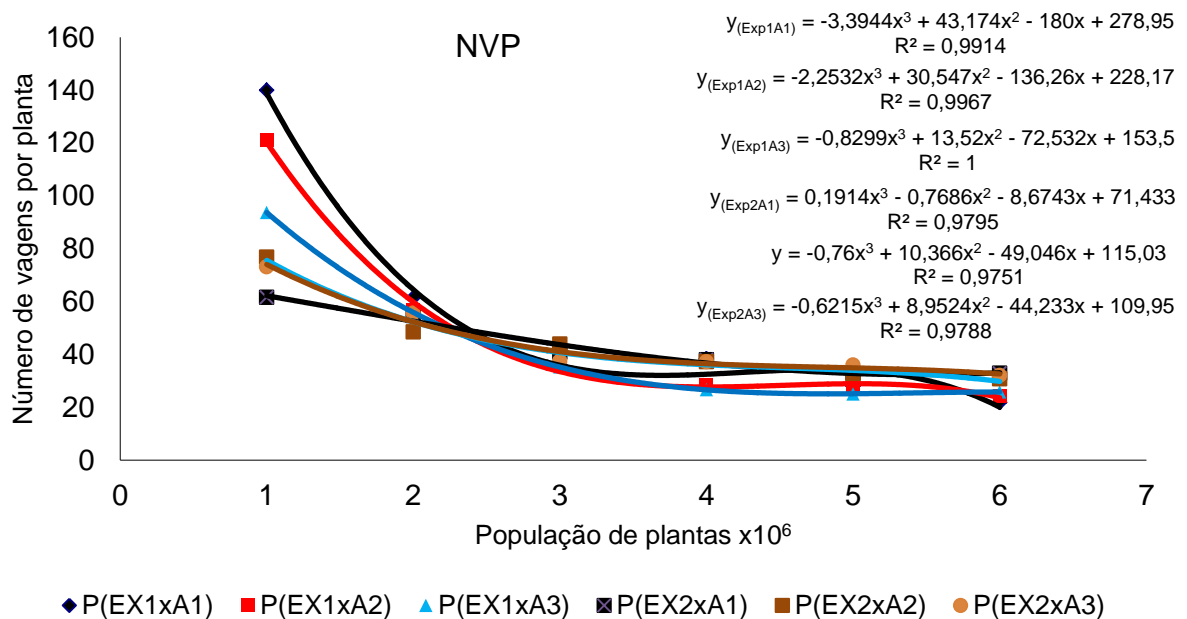


Figura 4 - Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis número de vagem por planta, Londrina, 2017.

A variável número de grãos por vagem se caracteriza como um dos componentes de produção mais estáveis, dentre os demais, porém este estudo revelou através dos dados obtidos a interação tripla para esta variável. A decomposição da interação tripla revelou que esta variável sofreu interação apenas para o experimento 1 e os arranjos com linhas simples de 0,50 m e o pareado de 0,25x0,50 m. A variável NGV também apresentou diferenças entre os experimentos

1 e 2. O experimento 1 apresentou resposta positiva significativa para os diferentes arranjos entrelinhas e para as interações entre os arranjos e as populações de plantas analisadas. O arranjo com linhas duplas apresentou menor número de grãos por vagem que os demais espaçamentos, contudo o experimento 2 não apresentou condições para se evidenciar estas respostas para esta variável. Procópio et al (2013) utilizando o sistema de plantio cruzado na cultura da soja num cultivar de hábito de crescimento indeterminado observou que este sistema de plantio apresentou redução do número de grãos por vagens nas populações estudadas, mas não afetando o rendimento final de grãos.

Na análise da regressão para a variável NGV os arranjos de 0,25 m e de linhas pareadas 0,25 x 0,50 m do experimento 1 aumentaram o NGV, conforme o aumento da população de plantas. As demais interações reduziram o NGV com aumento da população de plantas. Entretanto, os arranjos 0,25 e 0,50 m no experimento 2 revelaram menores NGV, comparados as demais interações entre experimento x arranjo, para a respectiva safra de cultivo. Tourino et al. (2002) em seu estudo com dois espaçamentos (0,45 e 0,60) e cinco densidades de semeadura (10, 13, 16, 19, e 22 plantas m<sup>-2</sup>) não obteve diferenças para o número de grãos por vagens.

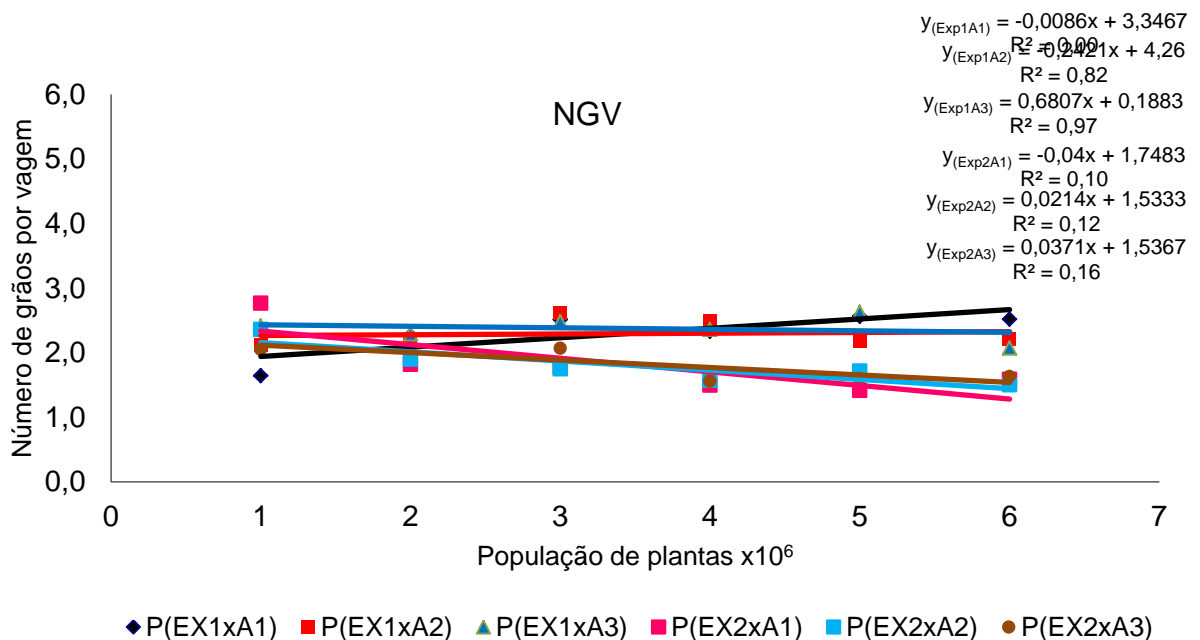


Figura 5 - Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis número de número de grãos por vagem, Londrina, 2017.

Os resultados do desdobramento da interação dupla entre experimento x população para a variável massa de grãos por planta (MGP) estão representados na Tabela 7 e Figura 6. Nas avaliações da variável MGP, os resultados indicaram interação dupla para os fatores de variação população de plantas e safra de cultivo. As menores densidades de plantas apresentaram as maiores MGP, sendo 100.000, 200.000 e 300.000 plantas, todas superiores para a segunda safra de cultivo, pode-se destacar ainda que com o aumento da população de plantas houve descréscimo significativo na massa de grãos por planta.

Na análise da figura 6 que demonstra a resposta das diferentes populações de plantas em função dos experimentos e arranjos, torna-se mais explícito que as menores densidades de plantas, como 100 mil plantas, possuem maior massa de grãos por planta e com aumento das populações ocorre redução acentuada da MGP. No experimento 1 a MGP na população de 100 mil plantas é 85% superior a MGP na população de 600 mil plantas. No experimento 2 a MGP na população de 100 mil plantas é 86% superior a MGP na população 600 mil plantas. Tais resultados, podem ser relacionados com rendimento de grãos, pois a maior produtividade de soja por planta, não necessariamente resultará em maior rendimento de grãos  $ha^{-1}$ , o efeito compensatório das plantas em menores populações são suprimidos pela produtividade de populações maiores de plantas. Rosolem et al. (1983) relata que a adoção de cultivares precoces, resistentes ao acamamento obtém maior rendimento de grãos nas maiores densidades de semeadura, porém a produtividade por planta é menor em razão da menor produção de vagens.

Tabela 4 - Desdobramento da interação dupla entre experimentos e populações para variável massa de grãos por planta (MGP), Londrina 2017.

Pop/Exp	Exp 1	Exp 2
100000	26,65 B	37,72 A
200000	12,45 B	16,9 A
300000	8,85 B	13,38 A
400000	6,65 B	10,06 A
500000	5,3 A	7,14 A
600000	4,5 A	5,36 A

\*Médias seguidas de letras diferentes na linha revelam diferença entre os experimentos para a mesma população significativa a 5% de probabilidade de erro.

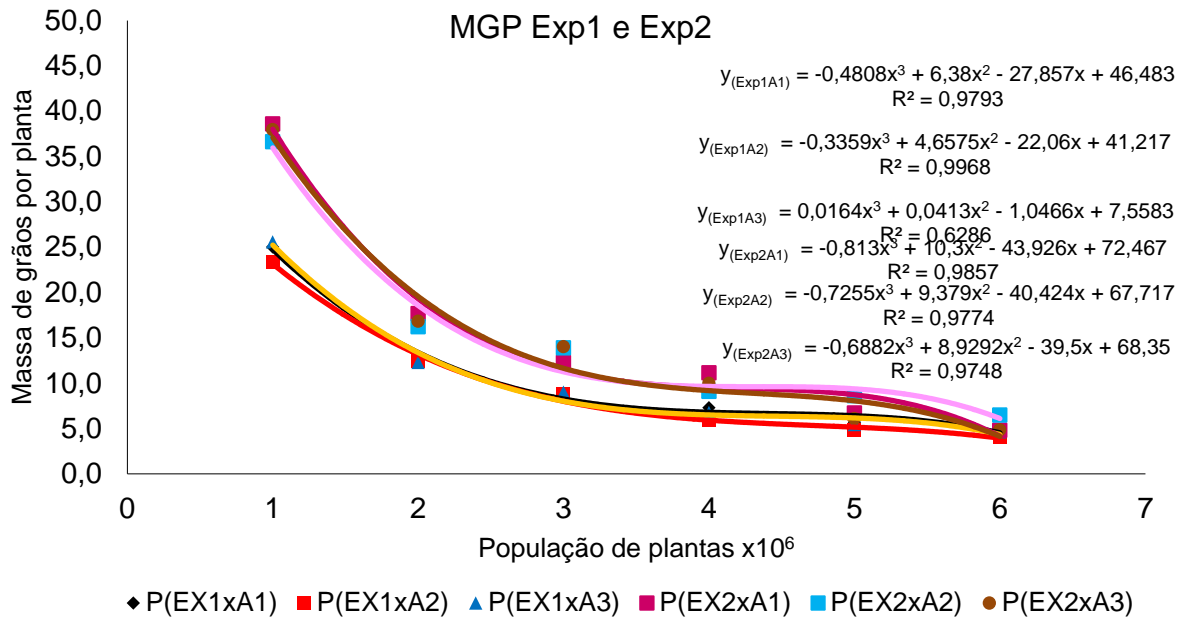


Figura 6 - Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis massa de grãos por planta MGP. Londrina, 2017.

Os resultados da comparação de médias entre os experimentos para as variáveis número de grãos por planta (NGP) e massa de mil grãos estão dispostos na Tabela 8. Com relação a variável NGP, os valores obtidos no experimento 1 foram superiores aos do experimento 2. As variações das médias chegaram a mais de 48 grãos por planta. Para o fator populações de plantas (Figura 7) houve decréscimo do número de grãos por planta na medida em que se aumentou a população de plantas com diferenças significativas entre suas médias conforme apresentado. Weber (1966) estudou o comportamento desta variável NGP e constatou que maiores populações de plantas apresentavam menores quantidades de grãos por planta, não interferiram no rendimento de grãos. A redução do NGP ocorre linearmente devido ao aumento populacional do número de plantas, pois nessa situação ocorre o auto sombreamento entre plantas o que acaba influenciando diretamente na oferta de fotoassimilados, reduzindo o número de ramos por plantas e o número de nós reprodutivos refletindo assim no NGP (HICKS et al., 1969; KUSS et al., 2008).

Tabela 5 – Comparação de médias entre os das variáveis número de grãos por planta (NGP) e massa de mil grãos (MMG). Londrina, 2017.

Experimento	NGP	MMG
EXP 1	152.84 a	67.06 b
EXP 2	104.21 b	145 a

\*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem a 5% de probabilidade os experimentos.

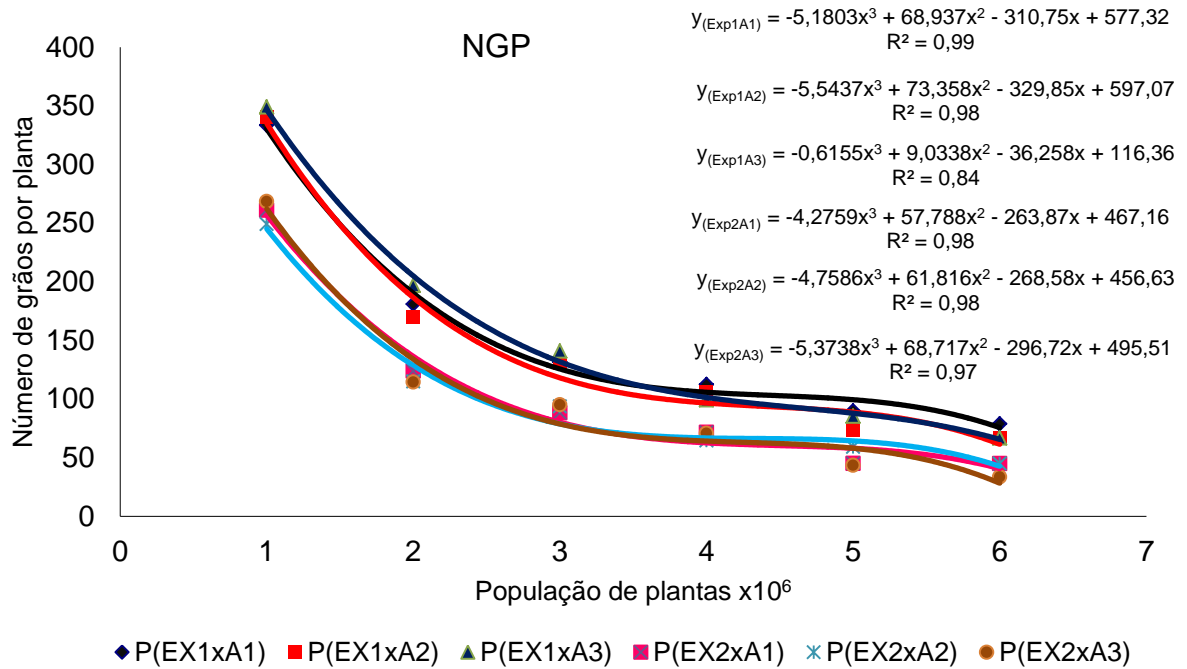


Figura 7 - Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis número de grãos por planta. Londrina, 2017

Na análise da variável massa de mil grãos (MMG) os resultados do segunda ano de cultivo foram estatisticamente superiores aos resultados médios do experimento conduzido na primeira safra de cultivo Tabela 8. Tais resultados demonstram que o maior NGP, obtido no primeiro ano de cultivo resultam em grãos com menor massa, o que torna-se explícito pela análise de médias da MMG.

O estudo da análise de regressão para a MMG (Figura 8) indica que as maiores MMG ocorreu nos tratamentos com as populações de 100 e 400 mil plantas para o experimento 2, sendo que houve uma tendência de redução da MMG com o aumento da população acima de 500 mil plantas. Porém no primeiro ano de cultivo, cujas médias foram muito inferiores, as populações menores apresentaram tendência de para maior MMG em relação as densidades com maior população de plantas.

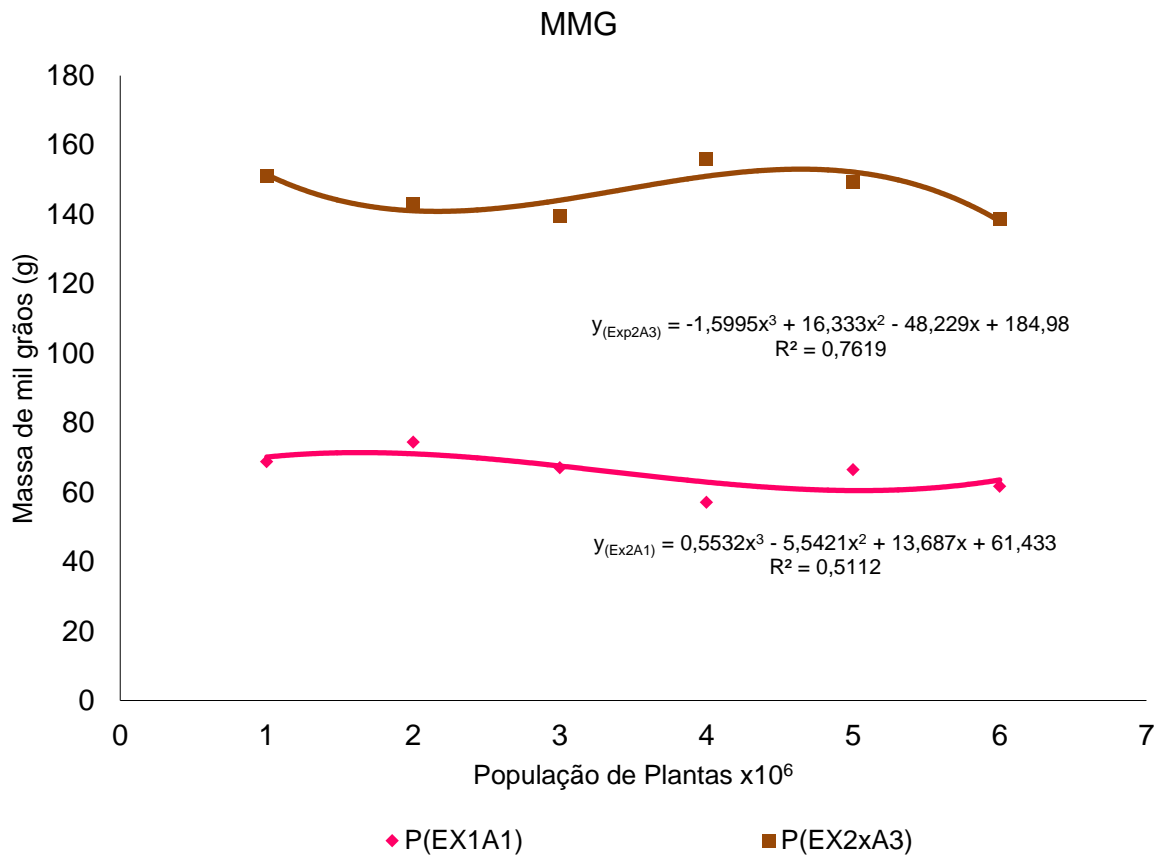


Figura 8 - Decomposição da interação tripla do fator Experimento aninhado com a interação dupla População x Arranjo para as variáveis massa de mil grãos. Londrina, 2017.

Os resultados da comparação de médias dos efeitos principais de arranjo do NGP, MMG e MGP estão dispostos na tabela 9. Não houve efeitos significativos do arranjo de plantas para nenhuma das três variáveis estudadas. Indicando que embora em trabalhos supracitados os efeitos foram pronunciados para variáveis componentes de rendimento, no presente estudo tais diferenças não foram relevadas. Tourino et al. (2002) relata que o aumento da densidade reduz o número de vagens por planta, em contrapartida aumenta a massa de 100 grãos, neste sentido o autor discute que a redução do número de legumes diminui a competição por fotoassimilados, o que proporciona maior concentração destes nos grãos. No presente trabalho, foi observado tais resultados, principalmente no experimento 2 arranjo 3, de uma tendência de aumento da MMG com aumento da população de plantas até 500 mil plantas  $ha^{-1}$ .

Tabela 6 – Comparação de médias entre os arranjos para as variáveis número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e massa de grãos por planta (MGP).

Arranjo	NGP	MMG	MGP
0,25 m	129,24 a	106,84 a	12,94 a
0,5 m	126,06 a	105,41 a	12,52 a
0,25x0,50 m	130,27 a	105,83 a	12,78 a

\*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem a 5% de probabilidade os arranjos de plantas.

Os resultados da safra 2013/2014 foram significativamente inferiores para o rendimento de grãos e os principais componentes de rendimento da safra 2015/2016, porém tais resultados possibilitam um contraste de cenários (deficiência hídrica e excesso de precipitação) para a análise os arranjos de plantas e também para as populações utilizadas no presente trabalho. É interessante salientar que os resultados de campo de uma terceira safra de cultivo, possivelmente estarão direcionados ao maior desempenho agrônômico de arranjos com espaçamentos menores, assim como com a utilização de populações maiores de plantas.

### 3.4 CONCLUSÕES

A performance da cultivar CA7442 RR1 revelou que o rendimento de grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem é dependente do arranjo, da população de plantas e da safra agrícola.

Em condições de estresse hídrico (safra 2013/2014) não há diferença entre os arranjos, porém há uma tendência de redução do rendimento de grãos em populações maiores.

Mesmo em condições de elevada precipitação (safra 2015/2016) houveram respostas significativas tanto entre arranjo como em populações de plantas para a cultivar CA7442 RR1.

O rendimento de grãos obtidos pelo cultivar CA7442 RR1, em função da interação entre ano e o arranjo de plantas revelaram superioridade para as linhas pareadas em relação aos espaçamentos com linhas simples com 4732 kg ha<sup>-1</sup> para o espaçamento 0,25x0,50 m, 3817 kg ha<sup>-1</sup> para o 0,50 m e 3628 kg ha<sup>-1</sup> para o 0,25 m, no segundo ano de cultivo, indicando uma nova proposta de espaçamento entrelinhas para os modelos atuais.

## REFERÊNCIAS

- ARF, O. **Comportamento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes densidades de plantas em área de reforma de canavial**. 1985. 65p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal.
- BARNI, N.A.; GOMES, J.E.S.; GONÇALVES, J.C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, v.21, n.2, p.245-296, 1985.
- 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**, Londrina, v. 36, n. 3; p. 1215-1226, 2015.
- BALL, R. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 757-764, 2000.
- BAHRY, C. A., NARDINO, M., VENSKE, E., FIN, S. S., ZIMMER, P. D., SOUZA., V. Q., CARON, B. O., Efeito do nitrogênio suplementar sobre os componentes de rendimento da soja em condição de estresse hídrico, *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, n.2, p. 155-160, mar/abr, 2014
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; SAXTON, A. M. Narrowrow seed-yield enhancement indeterminate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.64-68, 1990.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BOARD, J. E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B. G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, v.88, n.4, p.567-572, 1996.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Late-planted soybean yield response to reproductive source/sink stress. **Crop Science**, Madison, v. 38, n.3, p. 763-771, 1998.

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

BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1011-1016, 1998.

CARDOSO, D. A. D. B.; REZENDE, P. M. de. Arranjo de plantas. I. Efeito do espaçamento e da densidade no rendimento de grãos e outras características da soja. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 23-33, 1987.

CARPENTER, A.C.; BOARD, J.E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, Madison, v.37, n.5, p.1520-1526, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, **Indicadores da Agropecuária**. Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_08\\_57\\_48\\_bol\\_etim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_bol_etim_graos_setembro_2015.pdf)>. Acesso em 11 nov. 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira, Grãos. v.4 – Safra 2016/17- N.5 – Quinto levantamento. Fevereiro 2017. ISSN: 2318-6852. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_02\\_13\\_12\\_03\\_45\\_boletim\\_graos\\_fevereiro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_13_12_03_45_boletim_graos_fevereiro_2017.pdf) . Acesso em 15 fev. 2017.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES - IOWA. How a soybean plant develops. Ames : Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20p.

COOPER, R.L. Influence of soybean productin practices on lodging and seed yield in highly productive environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p.490-493, 1971.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.

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

CULTIVARES. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, n. 11, p.63-127, 2007.

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da soja. In:\_\_\_\_\_. **Tecnologia e produção: Soja e Milho 2011/2012**. Rondonópolis: FUNDAÇÃO MT, 2012. p. 155-206.

EGLI, D. B. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1046-1049, 1994.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1996/97**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 164p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil**: 1997/1998. Londrina, 1997. 171 p. (Documentos, 106).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2003**. ISSN - Versão eletrônica, Jan/2003 disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/index.htm>>. Acesso em: outubro 2009.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Circular Técnica 51: 2007. Londrina. 11 p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja**. Circular Técnica 358 Londrina, PR - 2014: 2014. Londrina. 31 p.

ETHREDGE, W. J.; ASHLEY, D. A.; WOODRUFF, J. M. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.6, p.947- 951, 1989.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, for a world without hunger. <[http://www.fao.org/index\\_en.htm](http://www.fao.org/index_en.htm)>. Acesso em: 07 out 2012.

HEITHOLT, J.J.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. Characteristics of reproductive abortion in soybean. **Crop Science**, Madison, v.26, p.589-595, 1986.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1992. p. 213-235.

GAUDÊNCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4p. (Comunicado Técnico, 47)

HANNA, S.; CONLEY, S. P.; SHANER, G. E.; SANTINI, J. B. Fungicide application timing ad row spacing effect on soybean canopy penetration and grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n.5, p.1488-1492, 2008.

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**, Campinas, v. 65, n.2, p.285-295, 2006.

HERBERT, S.J.; LITCHFIELD, G.V. Partitioning soybean seed yield components. **Crop Science**, Madison, v.22, n.5, p.1074- 1079, 1982.

IKEDA, T. Soybean planting patterns in relation to yield and yield components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 923-926, 1992.

JOHNSTON, T. L.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B. Influyente of suplementai light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, p.577-581, 1969.

LAMBERT. E. S.: MEYER, M. C.; KLEPKER, D. (Org.). Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 284).

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LAM-SANCHEZ, A.; VELOSO, E. J. Época de plantio da cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), cultivares “Santa Rosa” e “Viçosa” em Jaboticabal, SP. **Científica**, v. 7, n.2, 1974.

LIMA, C.A.S.; SILVA, L.; MARINATO, R.; Época de semeadura, densidade e irrigação do amendoim. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p. 52-53, 2008.

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p. 954-962, 2012.

MADALOSSO, G. M.; CELMER, A. DEBORTOLI, M. P.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R. S. Controle químico de doenças foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.6, p. 901-904, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86 p.

MAEHLER, A.R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. 2000. 108f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MATHEW, J.P. et al. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n.6, p.1156-1161, 2000.

MOORE, S.H. Uniformity of planting spacing effect on soybean population parameters. *Crop Science*, Madison, v.31, n.4, p.1049-1051, 1991.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109-129.

NAKAGAWA, J. Densidades de plantas e produção de amendoim. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.67-73, 1983.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. **Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entrelinhas**. 2004. Santa Maria.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantio**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

PELUZIO, J. M.; GOMES, R. S; ROCHA, R. N. C; DARY, E. P.; FIDÉLIS, R. R. Densidade e espaçamento de plantas de soja cultivar Conquista em Gurupi – TO. **Bioscience Journal**, v. 16, n. 1, p. 3 – 13, 2000.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.24, n. 2, p. 183-188, 1998.

PIRES, J. L. **Efeito da redução do espaçamento entrelinhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 1998. 94f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIRES, J. L. F., COSTA, J. A., THOMAS, A. L., MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

PROCÓPIO, S. O.; BALBIONT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento inderteminado. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamento fisiológico de genotipos de soya em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

SANTOS, R.C. et al. Nova cultivar de amendoim para as condições do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília , v. 35, n.3, p. 665-670, 2003.

SCOTT, W. O.; ALDRICH, S. R. **Producción moderna de la soja**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1975, 192p.

SILVEIRA, D. A., PRICINOTTO, L. F., NARDINO, M., BAHRY, C. A., PRETE, C. E. C., CRUZ, L. Determinação da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em diferentes locais e épocas de semeadura no estado do Paraná usando os métodos AMMI e Eberhart e Russel, *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 6, p. 3973-3982, nov./dez. 2016

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 2, p. 155-159, 1967.

SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, n.2, p.155-159, 1967.

SINCLAIR, T.R. Limits to crop yield? In: BOOTE, K.J. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison : American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, 1994. p.509-532.

RAMBO, L. **Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas**. 2004. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F. PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G.. Rendimento dos grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, 2003.

REZENDE, P. M. de; VIEIRA, M. das G. G. C.; FRAGA, A. C.; FAVORETO, C. R. S. Efeitos da densidade de plantas, sobre a produção, qualidade das sementes e

outras características da soja [*Glycine max* L. Merrill]. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 30-38, 1985.

ROSOLEM, C. A., SILVÉRIO, J. C. O., NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 9, p. 977-984, 1983.

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

THOMAS, A. L. **Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta à cobertura morta e à incorporação de gesso ao solo, com e sem irrigação**. 1992. 91f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entrelinhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.543-546, 1998.

TOLEDO, M.Z.; CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.363-371, 2011.

TOURINO, M.C.C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077, 2002.

UDOGUCHI, A.; McCLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil and Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.46, p. 75-79, out, 1987.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N. E. ; SOUZA, P. I. M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.

VAL, W. M. C.; BRANDÃO, S. S.; GALVÃO, J. D.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento ente fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Experimentiae**, Viçosa, v. 12, n. 12, p.431-475, 1971.

VASQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.

VENTIMIGLIA, L. A. et al. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.

WATANABE, T. S. **Efeito do cultivar, espaçamento e densidade de plantio sobre características agronômicas da soja**. 2004. 37p. Tese. (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 1, n. 81, p. 44-48, 1993.

#### 4. ARTIGO B: DESENVOLVIMENTO DA SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

**RESUMO:** A introdução de cultivares do tipo de crescimento indeterminado foi uma importante inovação da genética para a soja cultivada no país, elevando os níveis de produtividade e proporcionando maior adaptabilidade e estabilidade destas cultivares às diferentes condições climáticas e épocas de semeadura. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento da soja em diferentes arranjos de plantas. O ensaio foi conduzido em duas épocas, safra 2013/14 e safra 2015/16 na Região de Arapongas, PR. O cultivar escolhido foi o CA7442 RR, de hábito de crescimento indeterminado. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 6x3x2, com quatro repetições. Os fatores de variação foram seis populações distintas (100, 200, 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) três espaçamentos entrelinhas (0,25, 0,50 m e 0,25x0,50 m em linhas pareadas) e dois anos de cultivo. O desenvolvimento da soja foi avaliado através das variáveis altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem, a curva normalizada do índice de vegetação (NDVI) e o índice de área foliar (IAF). Foi aplicado o desdobramento das interações para os fatores aninhados e de acordo com a análise de variância houve interação tripla entre o ano de cultivo, as populações de plantas e os espaçamentos entrelinhas com respostas significativas para todas as variáveis estudadas. O espaçamento entrelinha e os anos de cultivos influenciaram as variáveis altura da inserção da primeira vagem, altura de plantas e o índice de área foliar. As populações de plantas influenciaram as variáveis: altura da inserção da primeira vagem, altura de plantas, índice de área foliar (IAF) e a curva normalizada do índice de vegetação (NDVI). Os resultados indicam que, para a altura da inserção da primeira vagem, as interações entre as populações de plantas e os diferentes espaçamentos entrelinhas variaram nas diferentes safras de cultivo e combinações de arranjo e populações, porém, o espaçamento com linhas pareadas apresentou médias superiores em ambas as safras. As interações entre população de plantas e espaçamento entrelinhas, nas variáveis altura da inserção da primeira vagem e a altura de plantas, indicaram aumento crescente em todos os arranjos mediante aumento populacional, onde linhas pareadas apresentaram as maiores médias. O IAF apresentou respostas positivas para o aumento da população de plantas em todos os espaçamentos entrelinhas. O NDVI apresentou respostas significativas apenas para o fator população de plantas. Os arranjos de linhas pareadas proporcionaram bom desenvolvimento para as variáveis estudadas indicando uma nova proposta de espaçamento entrelinhas para os modelos atuais.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L., altura de plantas, IAF, NDVI, linhas pareadas.

#### 4. ARTICLE B: SOYBEAN DEVELOPMENT IN DIFFERENT PLAN ARRANGEMENTS

**ABSTRACT:** The introduction of cultivars of the undetermined growth type was an important genetic innovation for the soybean grown in the country, increasing the yield levels and promoting greater adaptability and stability of these cultivars to different climate conditions and seeding periods. The objective of this work was to evaluate the development of soybean in different plant arrangements. The essay was carried out in two crop seasons: 2013/14 and 2015/16, in the Arapongas/PR region. Cultivar CA7442 RR of undetermined growth pattern was selected. The experimental design in randomized blocks was adopted, in the 6x3x2 factorial scheme, with four replications. Variation factors were six different populations (100, 200, 300, 400, 500 and 600 thousand plants ha<sup>-1</sup>) three row spacing (0.25, 0.50 m and 0.25x0.50 m in twin rows) and two years of cultivation. Soybean development was assessed by plant height, first pod insertion height, normalized difference vegetation index (NDVI) and foliar area index (FAI). Interactions outcomes for the nested factors were applied, and, according to the analysis of variance, there was a triple interaction among cultivation years, plant population and rows spacing, with significant responses for all variables studied. Row spacing and years of cultivation affected first pod insertion height, plant height and foliar area index. Plant population influenced the following variables: first pod insertion height, plant foliar index (FAI) and normalized difference vegetation index (NDVI). Results show that, for first pod insertion height, interactions among plant populations and different row spacing varied according to different crop seasons, arrangement combinations and populations. However, twin row spacing showed superior means for both crops. Interactions between plant populations and row spacing, for the first pod insertion height and plant height variables showed a continuous increase in all arrangements as population increased, where twin rows showed the highest means. FAI responded positively for plant population increase in all row spacing scheme. NDVI showed significant responses only for the plant population factor. Twin pair arrangements promoted good development for the studied variables, proposing a new row spacing for current models.

**Key words:** *Glycine max* L., plant height, FAI, NDVI, twin rows.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é um dos grandes produtores e exportadores mundiais de grãos, na qual se destaca a soja. A safra 2016/17 (CONAB, 2017) indica perspectiva de aumento de 2 milhões de toneladas, motivado pelas ótimas condições de lavouras semeadas no Brasil, com estimativas de alta produtividade na colheita. A estimativa da USDA é de que o Brasil continue como o segundo maior produtor de soja do mundo, com 104 milhões de toneladas de soja em grãos, crescimento de 7,77% ou 7,50 milhões de toneladas maior que a safra anterior. Sendo que no cenário interno a região Centro Oeste mantém o primeiro lugar em produção, destacando o Estado do Mato Grosso, com produção de 28,01 milhões de toneladas. Enquanto a região Centro Sul mantém a segunda colocação no ranking de produção, sendo o Estado do Paraná responsável por manter essa posição com produção de 17,21 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

Na safra 2014/15 houve um início de safra problemático no Estado do Paraná, devido à escassez de chuva e elevada temperatura durante os meses de outubro e novembro, mesmo assim houve um incremento de 2,54% em relação à safra anterior (CONAB, 2015). Esse fato pode ser atribuído à associação da normalização das condições climáticas durante o ciclo de soja e o conjunto de tecnologias adotadas pelos produtores.

De modo geral, a soja é cultivada em todas regiões do território brasileiro e independente do clima apresenta como característica fenológica o ciclo de desenvolvimento de 100 a 160 dias, aproximadamente, com variações de acordo com o grupo de maturação pertencente, assim sendo dividido em precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio (FEHR; CAVINESS, 1977; VERNETTI, 1983; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Além do grupo de maturação, outros componentes morfológicos devem ser considerados para caracterização de novos cultivares a serem adotados nos sistemas atuais de cultivo. De acordo com Pires et al. (2008), as modificações no arranjo espacial ocorrem por variações no espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e na distância entrelinhas. Sendo que um dos objetivos da redução do espaçamento entrelinhas é promover a antecipação do tempo de interceptação das folhas para se atingir cerca de 95% da radiação solar incidente, assim incrementando a quantidade de luz captada pela unidade de área e de tempo (BOARD KAMA; HARVILLE; 1992).

Neste sentido, a altura de planta, o fechamento das entrelinhas e o acamamento das plantas, são influenciados pelas condições edafoclimáticas que condicionam o crescimento, ou seja, região produtora, clima, ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo, que são os fatores que definem a resposta da soja às variações na produtividade (URBEN FILHO; SOUZA, 1992; LAMBERT et al., 2007; CULTIVARES, 2007).

A soja quando é submetida a um ambiente de competição por recursos, seu desempenho é dependente da densidade de plantas, no qual estas tendem a incrementar sua altura. Todo estresse causado à cultura tende a se refletir em alterações morfofisiológicas na planta, com reflexo direto na produtividade (LAMEGO et al. 2005) em função de proporcionar acamamento em altas populações ou reduções drásticas da altura da inserção da primeira vagem, comprometendo a colheita.

Outro fator que interfere na interceptação de radiação solar é o que chamamos de índice de área foliar (IAF) que representa a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo por ela ocupada e é variável de acordo com as espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta (CÂMARA; HEIFFIG, 2000). O aumento do IAF, até um valor crítico, também aumenta a interceptação de luz e, conseqüentemente, a fotossíntese líquida. Shibles e Weber (1965) também referenciaram o auge do IAF por ocasião do fim da frutificação e início da granação da soja, além de terem constatado dois picos de atividade fotossintética: o primeiro por ocasião do pleno florescimento da soja, para atender o fecundação; o segundo, por ocasião do início da granação, quando a presença de fotoassimilados se faz necessária ao desenvolvimento das vagens e dos grãos no seu interior.

A determinação dos índices de vegetação também pode ser realizada por meios de combinações espectrais de área de cobertura verde. Muitos índices de vegetação são adotados para determinação das relações de área foliar e as áreas de cobertura de solo, o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) pode ser utilizado para diversas finalidades, desde o monitoramento via satélite (Sellers et al, 1994), até mesmo na avaliação do comportamento espectral de diferentes genótipos de soja em diferentes condições de campo (CRUSIOL et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos de três diferentes espaçamentos entrelinhas e seis populações de plantas sobre o

acamamento de plantas, a altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem e índice de área foliar.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em duas safras de cultivo, sendo o Experimento 1 na safra agrícola de 2013/14 e o Experimento 2 na safra 2015/16. Ambos os experimentos foram conduzidos na Fazenda Gaúcha, localizada na cidade de Arapongas – PR, com as coordenadas geográficas 23° 29' 4" S e 51° 25' 40" O, altitude de 831 metros em relação ao nível do mar.

### 4.2.1 Caracterização da área experimental e do manejo da cultura

O solo da propriedade foi identificado como Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS et al., 2006) e conforme análise realizada possuía os seguintes elementos e quantidades antes da implantação dos experimentos: pH em CaCl<sub>2</sub>: 5,23; C (g dm<sup>-3</sup>): 33,29 ; P (mg dm<sup>-3</sup>), Mehlich 1: 18,49; K<sup>+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mehlich 1: 0,78 ; Ca<sup>+2</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), KCl 1N: 5,31; Mg<sup>+2</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), KCl 1N: 2,22; Al<sup>+3</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), KCl 1N: 0,00; H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), método SMP: 3,75; SB (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): 5,81; V – Índice de saturação de base (%): 55,01; M – Índice de saturação por Al<sup>+3</sup> (%): 0,00; CTC (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>): 10,55.

A cultura antecessora a cultura da soja foi a aveia preta (*Avena strigosa*), sendo uma importante espécie para região. A adubação na semeadura da aveia preta foi adotado visando o sistema de cultivo para a cultura subsequente, com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 10-15-15. A semeadura da soja para os dois anos de cultivo foi sistema de semeadura direto, realizada para as duas safras no mês de outubro. O tratamento de semente utilizado foi realizado com os produtos AVICTA 500FS; CRUISER 250 FS e MAXIM ADVANCED nas doses de 70, 200 e 100 ml por 100 kg de sementes respectivamente. O programa de controle fitossanitário para o manejo plantas daninhas, controle de pragas e de doenças foram realizados conforme orientações técnicas para a cultura.

### 4.2.2 Caracterização das condições climáticas

O regime de chuvas da região de Arapongas-PR, é considerado de clima temperado, com precipitações médias anuais dos últimos 25 anos (1991-2014) de 1392,3 mm (EMBRAPA, 2014). Os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima da primeira (2013/2014) e segunda safra de cultivo (2015/2016) estão dispostos nas figuras 9 e 10 a seguir. Os resultados dos elementos meteorológicos

são demonstrados no presente estudo, pois servirão de suporte e embasamento de algumas discussões que serão descritas no texto.

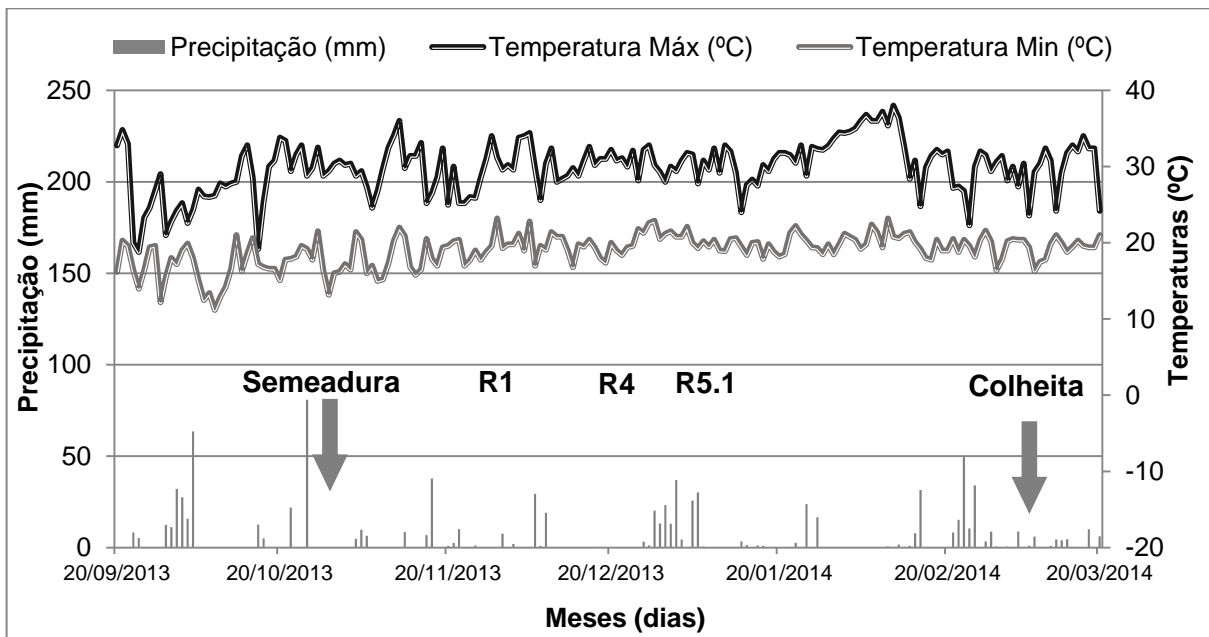


Figura 9 Resultados dos dados meteorológicos para o experimento um (1º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2013 à 20/03/2014. Semeadura em 30 de outubro de 2013

Fonte: IAPAR

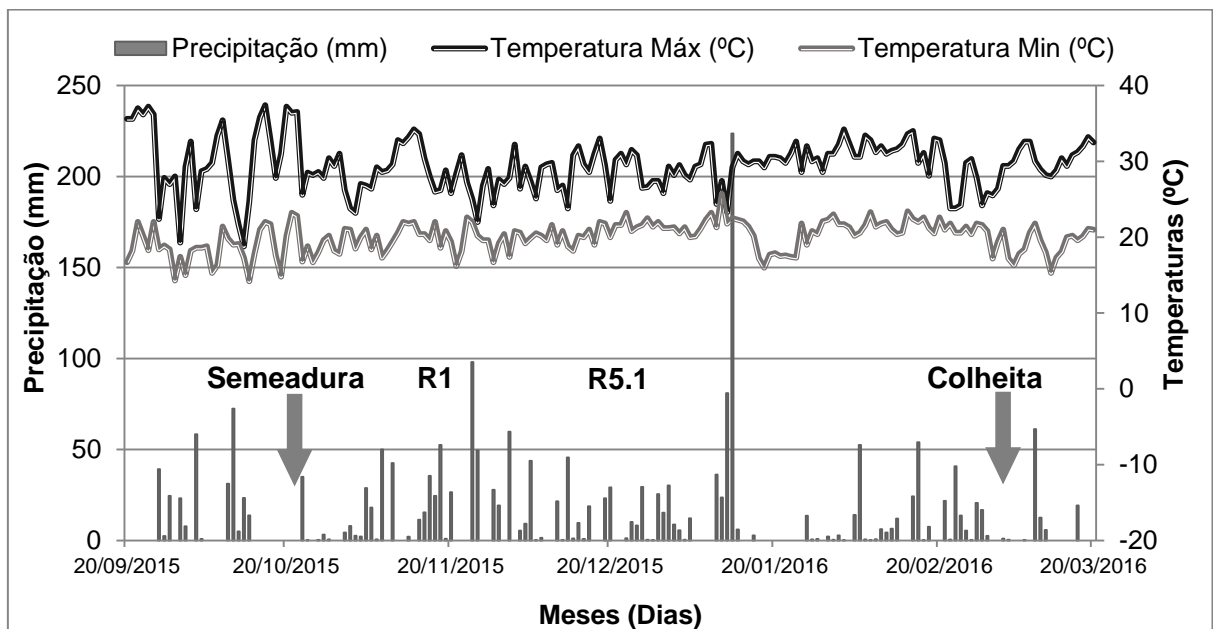


Figura 10 Resultados dos dados meteorológicos para o experimento dois (2º experimento) referentes a região de Arapongas-PR no período de 20/09/2015 à 20/03/2016. Semeadura em 23 de outubro de 2015.

Fonte: IAPAR

#### 4.2.3 Caracterização do delineamento de experimento de tratamento

Inicialmente foi realizado o levantamento das características estranhas atuantes ou passíveis de serem influenciadoras nos resultados dos efeitos de tratamento, as quais portanto devem ser controladas parcialmente ou totalmente para que os resultados da expressão dos efeitos do delineamento de tratamento sejam confiáveis. Os experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos completos casualizados, no esquema fatorial 3x6x2 com quatro repetições. Os fatores estudados foram:

iv) **fator A** - três arranjos espaciais de plantas: 0,25 m, 50cm e a combinação 0,25x0,50 m;

v) **fator B** - seis populações de plantas de soja (100, 200, 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>).

vi) **fator C** – análise das duas safras de cultivo, conduzidas em 2013/2014 e 2015/2016. Este fator também compõe o efeito da fonte de bloco.

Quanto ao material vegetal de estudo foi utilizada a cultivar CA7442 RR1.

Tabela 7 - Descrição do cultivar de soja utilizado nos ensaios de cultivo de 2013/2014 e 2015/2016. Londrina, 2017.

<b>Cultivar</b>	<b>CA 7442 RR*</b>
Ciclo	Precoce
Grupo de Maturação	5.7
Hábito de Crescimento	Indeterminado
Massa de mil sementes Peneira 5.5	145 gramas
Altura de planta	0,66m
Flor	Branca
Pubescência	Marrom claro
Hilo	Preto
Acamamento	Resistente

**Fonte:** \*Syngenta (2017).

A unidade experimental foi constituída por 16 linhas de semeadura, com cinco metros de comprimento. Para o primeiro nível do fator A (arranjo de 0,25cm), sendo que para esta configuração foi necessário a realização de duas semeaduras na

mesma área com equipamento de GPS da marca TRIMBOW modelo US-17 e piloto automático.

#### 4.2.3 Variáveis analisadas

Altura de plantas (ALP): foi mensurada pela medida da base da planta até a extremidade, realizada em 10 plantas da parcela, resultados em centímetros.

Altura de inserção da primeira vagem (AIV): mesurado pela medida da inserção da primeira vagem até a extremidade superior da planta, resultados em centímetros.

Acamamento: (ACM): o acamamento de plantas foi considerado apenas como plantas acamadas aquelas que apresentavam inclinação superior à  $45^\circ$  em relação à superfície do solo. A determinação do acamamento das plantas de soja foi realizada quando as plantas se encontravam no estádio R7. A avaliação foi feita por meio de análise visual, sendo dadas notas às parcelas com base em uma escala de 1 (0% de plantas acamadas na parcela) a 9 (100% de plantas acamadas na parcela).

Índice de área foliar: A determinação do índice de área foliar foi realizada através do processo de extração dos pixels referentes às áreas verdes das plantas. Para tal, foram utilizadas três plantas por parcelas, desfolhadas e fotografadas em superfície plana limpa e com fundo branco (BRILHADOR, 2013).

NDVI - Índice de Vegetação de Diferença Normalizada: foi utilizado o equipamento GreenSeeker da marca Trimble – Hand Crop Sensor, no estádio vegetativo R5.3 através de leitura manual no campo.

#### 4.2.4 Análises e procedimentos estatísticos

Os dados experimentais obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade das variâncias (teste de Levene), linearidade dos erros, aditividade do modelo e de normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilks). Após o atendimento das pressuposições da análise de variação (ANOVA), os dados foram submetidos à análise de variância considerando o modelo estatístico trifatorial adotado no plano experimental. Na presença de significância para interação, o procedimento adotado foi do desmembramento dos efeitos simples dos fatores. Na ausência de significância para interação foram desmembrados os efeitos principais dos fatores separadamente, sendo os qualitativos comparados por teste de médias e o fator

quantitativo via regressão linear (população) considerando a probabilidade de 5% de erro. O software utilizado em todas as análises foi o *SAS Learning Edition*.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas do período em que foram conduzidos os experimentos deram grandes contribuições para a conclusão deste ensaio. O 1º Experimento apresentou períodos com temperaturas máximas acima dos 30º C na maior parte do desenvolvimento das plantas e ausência de precipitações durante o enchimento de grãos, o que promoveu fortes impactos na granação da soja. O 2º experimento foi realizado sob as condições meteorológicas características do regime de precipitação denominado “El Niño”, com índices pluviométricos superiores aos já registrados para a região de Arapongas-PR. Os contrastes entre as duas safras de cultivo caracterizam as ótimas condições para se avaliar as respostas das variáveis aos fatores controlados.

Os resultados da variável acamamento de plantas não foram analisados estatisticamente, devido a não ocorrência de parcelas, nas duas safras agrícolas, com acamamento.

Os resultados da análise de variância para as variáveis altura de planta (ALP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), índice de área foliar (IAF) e NDVI estão apresentados na Tabela 11. A ANOVA revelou efeitos significativos para a interação tripla para a variável IAF e NDVI. Não houve efeitos significativos para a interação tripla exp x arranjo x população para as variáveis AIV e ALP, a Anova revelou efeitos significativos para as interações duplas exp\*pop, exp\*arranjo e pop\*arranjo na variável AIV. A presença de significância aponta que para as condições de cultivo (safra agrícola) há um melhor arranjo de plantas e também uma população de plantas. Conforme as condições de ambiente, com deficiência hídrica na safra 2013/2014 e excesso de precipitação 2015/2016 a anova aponta que haverá respostas diferenciadas quanto ao arranjo de plantas e também as populações utilizadas no presente estudo, porém para um maior aprofundamento de qual(is) arranjos e populações são significativamente superior em cada safra, são necessárias as análises complementares, as quais serão abordadas posteriormente.

A significância de pop\*arranjo indica que dependendo do arranjo de plantas empregado há uma população específica que poderá ter desempenho superior, pode-se afirmar ainda que estes fatores são dependentes. Barni et al. (1995), Gaudêncio et al. (1990) e Peixoto et al. (2000) relataram que a soja tolera uma ampla variação na população de plantas, onde mais é alterada a sua morfologia que o rendimento de grãos, entretanto conforme os resultados da análise de variância,

os efeitos da interação demonstraram que em condições de ambiente contrastantes, o arranjo de plantas e as populações são fatores que na análise de AIV exercem influência significativa.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância do experimento trifatorial com seis populações de plantas x três arranjos x duas safras agrícolas para características avaliadas em soja safra 2013/2014 e Safra 15/16. Londrina, 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		AIV	ALP	IAF	NDVI
Bloco (Exp)	6	7,5 <sup>ns</sup>	36 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>*</sup>	19,27 <sup>*</sup>
Experimento	1	3803,8 <sup>ns</sup>	38272,4 <sup>**</sup>	21,67 <sup>*</sup>	2,00 <sup>ns</sup>
População	5	196,6 <sup>**</sup>	537 <sup>**</sup>	33,39 <sup>**</sup>	125,19 <sup>**</sup>
Arranjo	2	31,4 <sup>**</sup>	91,4 <sup>*</sup>	3,41 <sup>*</sup>	9,63 <sup>ns</sup>
Exp*Pop	5	58,7 <sup>**</sup>	30,6 <sup>ns</sup>	5,72 <sup>*</sup>	16,59 <sup>*</sup>
Exp*Arranjo	2	14,8 <sup>**</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	42,84 <sup>*</sup>
Pop*Arranjo	10	19,6 <sup>**</sup>	24,1 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>
Exp*Pop*Arranjo	10	13,5 <sup>ns</sup>	18,0 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>*</sup>	13,39 <sup>*</sup>
<b>Erro</b>	102	7,4	20,4	1,26	6,31
<b>Média</b>		14,2	77,8	4,15	82,70
<b>CV%</b>		19,1	5,8	27,09	3,04
<b>R<sup>2</sup></b>		0,88	0,95	0,68	0,63

<sup>1</sup> – ALP altura de plantas; AIV altura da primeira vagem; <sup>ns</sup> não significativo, \* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

A variável ALP (Tabela 11), conforme a Anova não revelou interação significativa, houve efeitos significativos para os efeitos principais, experimento, população e arranjo de plantas, a ausência da interação indicado que para a ALP os fatores não interagem entre si, ou seja não exercem influência a ponto de causar variações significativas no caráter.

A confiabilidade dos resultados podem ser indicadas pelo coeficiente de variação (CV%) e pelo coeficiente de determinação do modelo estatístico adotado, os quais são apresentados neste estudo na Tabela 11. O coeficiente de variação para as variáveis estudadas teve amplitude de variação de 27,09% a 3,4%, tratando-se de experimentos a campo e tendo conhecimento da natureza das variáveis os níveis de variação e a confiabilidade são satisfatórios. As magnitudes dos coeficientes de variação para estas variáveis, estão de acordo aos estudos de Bahry et al. (2014), no qual o autor avaliou os efeitos da aplicação de nitrogênio em diferentes doses e épocas de aplicação sobre caracteres relacionados a morfologia da planta. Tais

estimativas são aceitáveis e considerados de baixos a moderados de acordo com Pimentel Gomes (1995). O modelo estatístico adotado no plano experimental revelou eficiência no controle das fontes de variação com ajuste de precisão de 0,88, 0,95, 0,68 e 0,63 para AIV ALP, IAF e NDVI, respectivamente.

Os resultados da decomposição da soma de quadrados pelos quadrados médios dos efeitos simples dos fatores fixado população são apresentados na Tabela 12 (pop(exp\*arranjo)). A variável AIV revelou para o desdobramento significância para os fatores aninhados na primeira safra de cultivo para os três arranjos, esta interação indica que as populações exercem influência sobre a interação de exp\*arranjo para AIV. Com relação as variáveis ALP e IAF, houve significância para todas as combinações de interações (pop(exp x arranjo)), tais resultados indicam que a decomposição da interação dos fatores principais da Anova, em seus respectivos efeitos simples, permitem analisar o efeito de um dos fatores sobre a interações dos demais fatores do experimento e o efeito de populações é forte sobre a interação de exp\*arranjo. A variável NDVI revelou significância para desdobramento dos efeitos aninhados para três combinações, duas na 1ª safra e uma na 2ª safra.

Os resultados da decomposição da soma de quadrados pelos quadrados médios dos efeitos simples dos fatores fixado experimento são apresentados na Tabela 13 (exp(pop\*arranjo)). Os efeitos simples, revelam significância para todas as interações, para as variáveis AIV e ALP, indicando que o fator experimento teve forte influência sobre as interações pop\*arranjo. Em contrapartida a variável IAF e NDVI, não revelaram as mesmas significâncias, sendo significativas apenas quatro interações de fatores aninhados.

Os resultados da decomposição da soma de quadrados pelos quadrados médios dos efeitos simples dos fatores fixado arranjo são apresentados na Tabela 14 (arranjo(exp\*pop) para as variáveis AIV, ALP, IAF e NDVI. Os efeitos simples, revelam significância para algumas interações, diferentemente dos fatores aninhados anteriormente. Para AIV as interações foram em arranjo(exp1\*pop4) e arranjo(exp1\*pop6), no caráter ALP, houve apenas uma interação que ocorreu para arranjo(exp1\*pop3), tais resultados demonstram menor influencia do fator arranjo sobre as combinações de exp\*pop. Com relação IAF, houve significancia para arranjo(exp1xpop4), arranjo(exp1xpop5) e arranjo(exp2xpop4), os resultados podem apontar que populações acima de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup> revelam maior influência do

arranjo de plantas. O caráter NDVI revelou interação para dois fatores aninhados, arranjo(exp1\*pop1) e arranjo(exp2\*pop1).

#### 4.3.1 Respostas em Função da interação tripla entre Ano de Semeadura\* populações\*arranjos de plantas estudadas

O desdobramento da análise de variância para interação tripla da variável IAF está apresentada na Tabela 15. Com relação a comparação dos arranjos dentro de cada população e ano não houve diferenças para no 1º ano entre os arranjos nas populações de 100, 300 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>. O arranjo de plantas 0,25 tem maior IAF, considerando as populações de 400 e 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Para o experimento do 2º as diferenças ocorreram apenas entre os arranjos para as populações acima de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>. O arranjo 0,25 é superior na população de 400 mil plantas ha<sup>-1</sup>, em 500 mil plantas ha<sup>-1</sup> o arranjo 0,5 mostra-se superior e na população de 600 mil plantas ha<sup>-1</sup> o arranjo de linhas pareadas 0,25x0,5 apresenta maior IAF.

Na comparação das safras 1º e 2º no arranjo 0,25x0,50 e população de 200 mil plantas ha<sup>-1</sup> o 2º ano revelou maior IAF, no mesmo sentido para 500 mil plantas ha<sup>-1</sup> para arranjo 0,5m e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup> para arranjos 0,25 e 0,25x0,5. A 1º safra apresentou maior IAF na população de 500 mil plantas ha<sup>-1</sup> no arranjo de 0,25m.

Tabela 9 - Decomposição da interação tripla do fator experimento para a variável índice de área foliar (IAF).

População	Arranjo	IAF	
		Exp 1	Exp 2
100000	0,25 m	2,07aA	2,32aA
	0,5 m	1,85aA	2,10aA
	0,25x0,50 m	1,90aA	2,48aA
200000	0,25 m	2,80abA	3,87aA
	0,5 m	4,02aA	4,50aA
	0,25x0,50 m	2,27bB	3,97aA
300000	0,25 m	4,57aA	4,87aA
	0,5 m	3,87aA	4,70aA
	0,25x0,50 m	4,62aA	4,45aA
400000	0,25 m	5,80aA	5,65aA
	0,5 m	3,75bA	4,07bA
	0,25x0,50 m	4,47abA	3,60bA
500000	0,25 m	5,95aA	4,47bB
	0,5 m	3,25bB	6,00aA
	0,25x0,50 m	3,95bA	5,12abA
600000	0,25 m	4,60aB	7,07abA
	0,5 m	4,57aA	5,72bA
	0,25x0,50 m	3,87aB	8,0aA

\*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro.

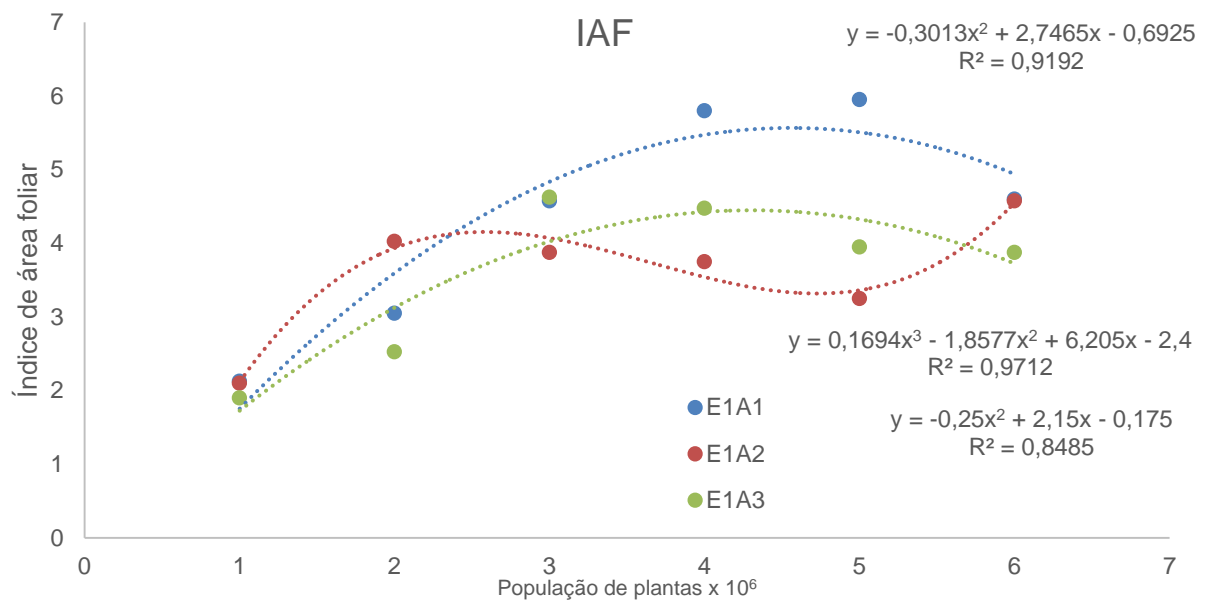


Figura 11 - Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2013/2014 para variável índice de área foliar (IAF).

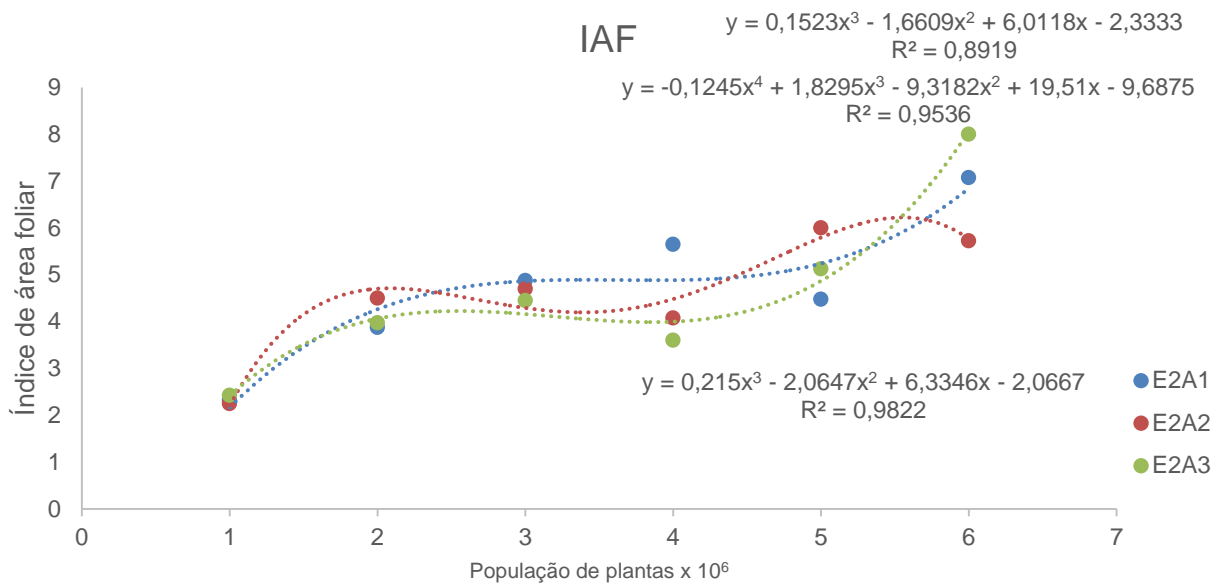


Figura 12 - Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2015/16 para variável índice de área foliar (IAF).

Com relação a resposta da variável índice de área foliar, na primeira safra (Figura 11) as populações de 400 e 500 mil plantas revelam um máximo nos arranjos 0,25 e 0,25x0,50, após apresentam tendência de redução da IAF, em contrapartida o arranjo 0,50 revelou tendência de aumentar o IAF a partir da população de 500 mil plantas. Os resultados da safra 2015/16 (Figura 12) revelam resposta contrária a 1ª safra, onde os arranjos 0,25 e 0,25x0,50 apresentaram tendência de aumentar o IAF a partir de 500 mil plantas, já o arranjo 0,50 revelou tendência de redução do IAF após está mesma população.

Com relação ao desmembramento da interação tripla para variável NDVI houve diferenças significativas para a 1ª e 2ª safra na população de 100 mil plantas, onde maior NDVI foi para arranjo de 0,25 m, comparando com 0,5 na 1ª safra. Em contrapartida na 2ª safra este mesmo arranjo teve menor NDVI. Na 2ª safra houve diferenças significativas para população de 400 mil plantas com superioridade para os arranjos 0,25 e linhas pareadas em relação 0,50 metros.

Na comparação da variável NDVI nas diferentes safras a 1ª teve maior NDVI na população de 100 mil para arranjo 0,25, já para os demais arranjos a 2ª safra apresentou maior NDVI. Outra significancia revelada foi para população de 400 mil plantas, em que no arranjo 0,50 a 1ª safra foi superior a 2ª safra de cultivo.

Tabela 10 - Decomposição da interação tripla do fator experimento para a variável NDVI.

População	Arranjo	NDVI	
		Exp 1	Exp 2
100000	0,25 m	80,75aA	76,50bB
	0,5 m	73,50bB	81,75aA
	0,25x0,50 m	76,75abB	81,00aA
200000	0,25 m	84,25aA	81,00aA
	0,5 m	81,25aA	83,25aA
	0,25x0,50 m	81,00aA	82,25aA
300000	0,25 m	84,75aA	83,25aA
	0,5 m	83,25aA	82,75aA
	0,25x0,50 m	83,25aA	83,75aA
400000	0,25 m	84,75aA	83,00abA
	0,5 m	84,00aA	79,75bB
	0,25x0,50 m	84,50aA	83,50aA
500000	0,25 m	85,25aA	83,50aA
	0,5 m	84,25aA	84,00aA
	0,25x0,50 m	84,50aA	84,25aA
600000	0,25 m	86,00aA	84,00aA
	0,5 m	84,25aA	84,50aA
	0,25x0,50 m	84,25aA	84,50aA

\*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro.

Para as equações de regressão na 1ª safra o NDVI (Figura 13) teve comportamento crescente até as populações de 500 mil plantas nos três arranjos de plantas estudados.

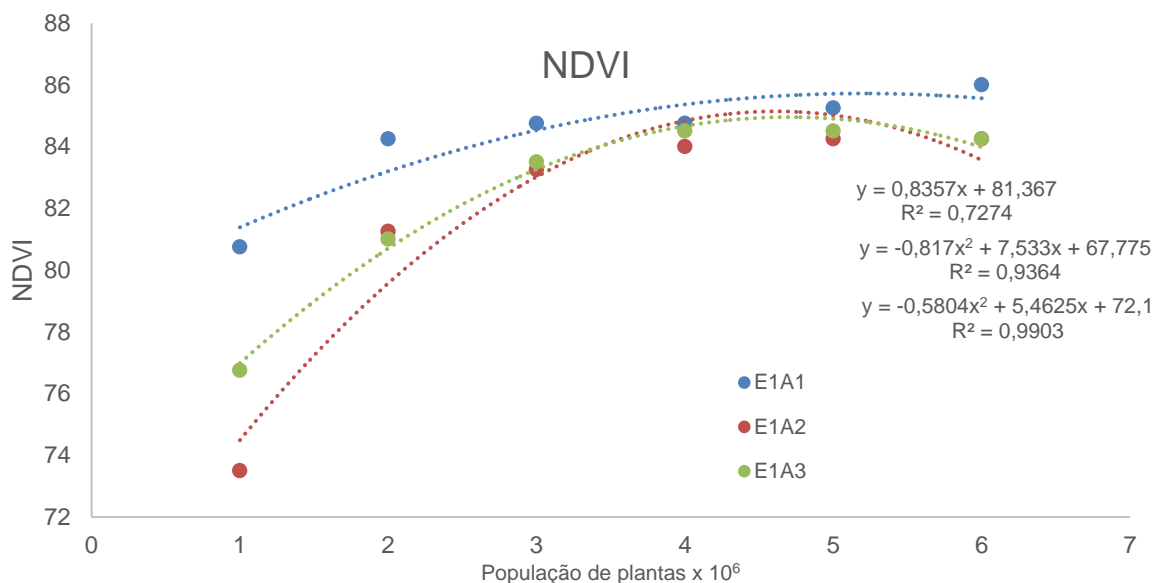


Figura 13 - Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2013/2014 para variável NDVI, Londrina 2017.

Na análise da 2ª safra os arranjos 0,50 e linhas pareadas revelaram um comportamento linear positivo, conforme se aumenta a população de plantas, atingindo um máximo na população de 500 mil plantas. Em contrapartida no arranjo 0,25 houve resposta quadrática, inicialmente crescente, tendendo a redução na população de 600 mil plantas.

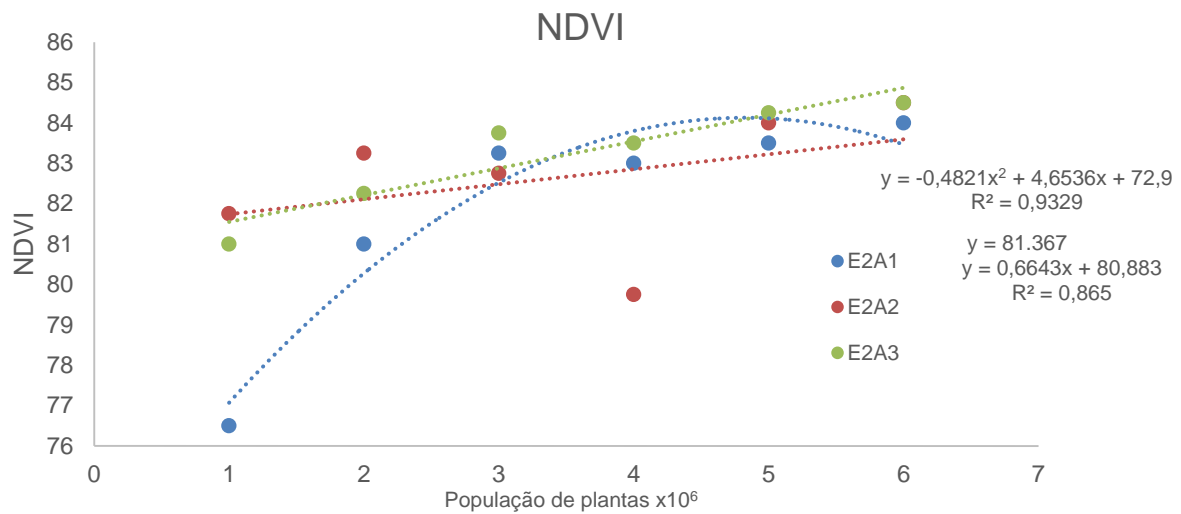


Figura 14 - Efeito da interação dos arranjo de plantas, populações e safra 2015/16 para variável NDVI, Londrina 2017.

Como forma de demonstrar a relação entre o IAF e o NDVI são demonstradas nas figuras 15 e 16 que quanto maior foi IAF maior tende a ser o NDVI para ambas as safras de cultivo. Isto demonstra a alta relação que as duas variáveis apresentam.

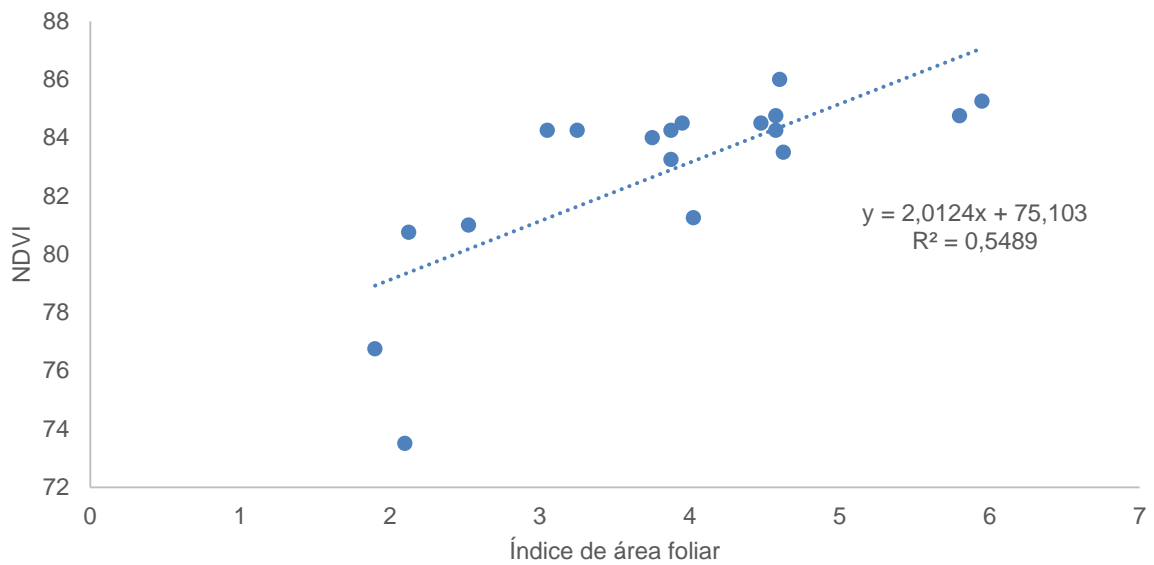


Figura 15 - Relação entre o IAF x NDVI para 1ª safra de cultivo, Londrina 2017.

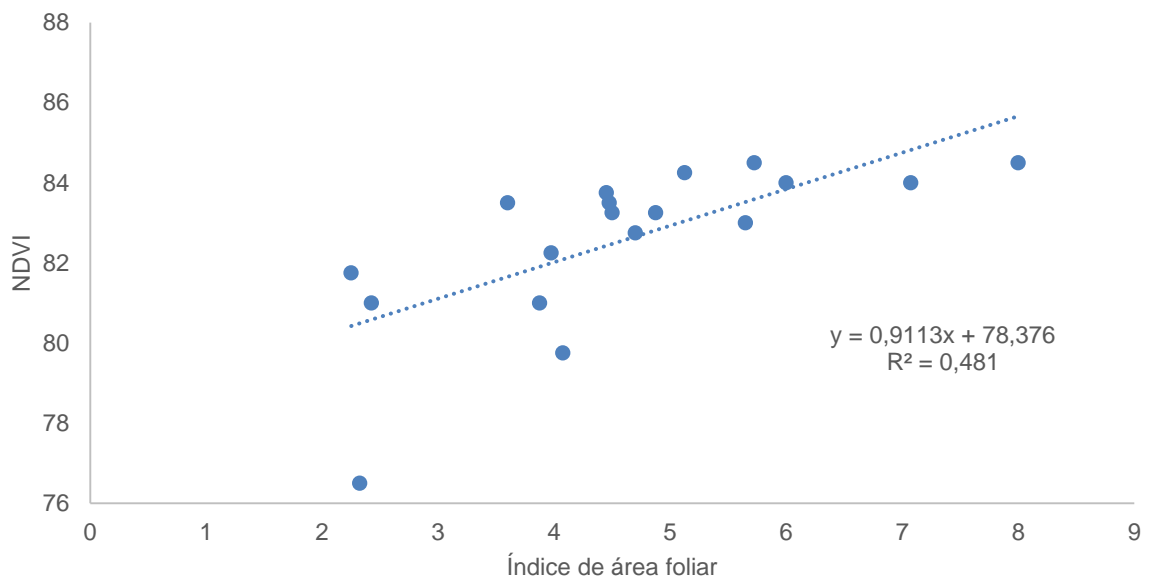


Figura 16 - Relação entre IAF x NDVI para 2ª safra de cultivo, Londrina, 2017.

#### 4.3.2 Respostas em Função das Interações entre o Ano de Semeadura e as populações estudadas

Houveram interações duplas entre a safra de semeadura e as populações de plantas, para a variável altura da inserção da primeira vagem (AIV). Os resultados demonstram que a safra 2013/2014 foi altamente superior a safra 2015/2016 para todas as populações estudadas.

Tabela 11 - Desdobramento entre a interação entre a população e a época de semeadura. Safra 2013/14 e Safra 2015/16.

População	Altura inserção 1ª vagem	
	Safra 2013/14	Safra 2015/16
100000	13,91 A	7,08 B
200000	15,29 A	7,67 B
300000	17,21 A	9,08 B
400000	22,59 A	9,92 B
500000	23,97 A	9,67 B
600000	23,03 A	10,92 B

Médias seguidas de mesmas letras pertencem ao mesmo grupo de médias pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Na análise da resposta da AIV em função das diferentes populações para cada arranjo de plantas é apresentado na Figura 17. Na 1ª safra de cultivo houve uma tendência de aumento da AIV para os arranjos 0,25 e 0,50 até a população de 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>, após ocorre tendência de redução da AIV, em contrapartida para o arranjo 0,25x0,50 há uma tendência de aumento da AIV de 500 para 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Com relação a 2ª safra de cultivo (Figura 17) houve tendência linear de aumento da AIV com aumento da população de plantas, porém as médias foram consideravelmente inferiores a 1ª safra de cultivo.

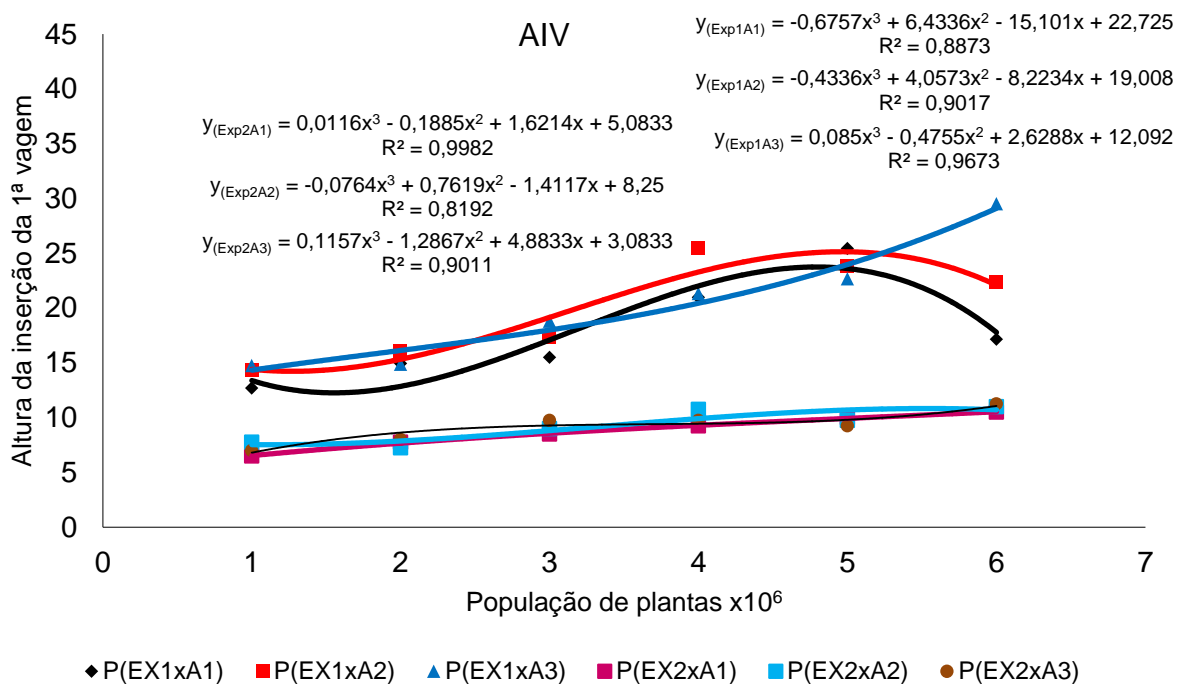


Figura 17 - Efeito da interação dos fatores população de plantas e espaçamentos entrelinhas na variável altura (cm) da primeira vagem (AIV) Safras 2013/2014 e 2015/16

#### 4.3.3 RESPOSTAS EM FUNÇÃO DAS INTERAÇÕES ENTRE AS POPULAÇÕES ESTUDADAS E OS ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS

Os resultados da comparação de médias da interação entre população x arranjo para variável AIV está disposto na Tabela 18. As comparações entre arranjos para as populações de 100 à 300 mil plantas ha<sup>-1</sup> são iguais estatisticamente, assim não ocorre diferenças significativas entre os arranjos. Para população de 400 mil plantas<sup>-1</sup> a maior AIV foi do arranjo de 0,50, não diferindo estatisticamente de 0,25x0,50, o menor AIV nesta população foi do arranjo 0,25. Considerando a população de 600 mil plantas<sup>-1</sup> a maior AIV foi do arranjo de 0,25x0,50, com menor AIV do arranjo 0,0,25 m.

Tabela 12 - Desdobramento entre a interação dupla de população e arranjo para a variável altura da inserção da primeira vagem (AIV) dos tratamentos utilizados. Safra 2013/14 e Safra 2015/16

População	Arranjo		
	0,25	0,50	0,25x0,50
100000	9,6A	11,02A	10,87A
200000	11,35A	11,65A	11,43A
300000	12,00A	13,16A	14,27A
400000	15,11B	18,11A	15,53AB
500000	17,71A	16,80A	15,96A
600000	13,82C	16,68B	20,38A

Médias seguidas de mesmas letras pertencem ao mesmo grupo de médias pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os menores valores de AIV foram observados na safra 2015/16 nos espaçamentos onde as plantas estavam distribuídas equidistantes, proporcionado pelas menores populações com valores médios da ordem de 7,5 cm. Os resultados obtidos na safra 2013/14, os menores valores foram da ordem de 14 cm.

O efeito das menores alturas de inserção da primeira vagem traz complicações nos tratamentos culturais, bem como dificulta a colheita mecânica podendo acarretar perdas significativas no campo e até mesmo a inviabilização da adoção do cultivar.

Alguns cultivares expressam estas características de maneira muito peculiar, por exemplo, Gewehr et al. (2014) estudou o comportamento de cinco variedades de soja, BMX Turbo RR, BMX Força RR, BMX Potencia RR, BRS 246 RR e Fundacep 59 RR, e observaram que, conforme o aumento populacional, a AIV também obteve os maiores valores, sendo que a variedade Fundacep 59 apresentou os maiores valores de AIV. Estudos em diferentes espaçamentos entrelinhas corroboraram com

estes resultados, sendo que o aumento populacional de plantas na semeadura cruzada ou na convencional geralmente influencia na altura das plantas assim refletindo na AIV, sendo que algumas variedades estabilizam o seu crescimento em determinada população. Esse aumento na altura de plantas está ligado diretamente ao sombreamento que as plantas sofrem em populações elevadas, no qual ocorre uma competição pelas plantas adjacentes por luz (KAPPES et al., 2012; LIMA et al., 2012; LOBODA, 2009).

Tabela 13 - Desdobramento entre a interação dupla de arranjo e safra de cultivo para a variável altura da inserção da primeira vagem (AIV) dos tratamentos utilizados.

Arranjo	2013/2014	2015/2016
0,25	17,78bA	8,75aB
0,50	19,89aA	9,25aB
0,25x0,50	20,32aA	9,16aB

Médias seguidas de mesmas letras pertencem ao mesmo grupo de médias pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Esta característica poderia ser inerente à cultivar, onde em alguns casos, as plantas com arranjo e populações elevadas podem apresentar o comportamento de elevar a altura da primeira vagem (URBEN FILHO e SOUZA, 1993). Em estudos realizados por Gewehr et al. (2010) verificou-se que, independente do tipo de crescimento (determinado ou indeterminado) as plantas apresentaram interação entre a população e o espaçamento entrelinhas para a AIV, com médias mais elevadas em populações maiores. Os maiores valores de AIV pode ser considerado uma característica importante, pois quanto maior o AIV menor a perda de grãos na colheita, pois a maior AIV facilita a entrada da barra de corte das colhedeiras evitando dessa forma a perda na colheita. Segundo Marques (2010), a altura de inserção da primeira vagem deve ser de 0,10 a 0,15 m para se obter uma colheita com o mínimo de perdas pela barra de corte. Dessa forma, as médias observadas nos dois sistemas de semeadura atendem as alturas ideais relatadas pelo autor. Chioderoli et al. (2012) e Pereira Júnior et al. (2010) observaram AIV da soja de 0,14 e 0,15 m, respectivamente, e afirmaram que esses valores estão dentro dos padrões normais para altura de corte na colheita mecanizada, no qual obtiveram menores perdas durante o processo de colheita.

#### 4.3.4 Respostas em Função das diferentes populações estudadas e dos Espaçamentos Entrelinhas para variável altura de planta

A comparação de médias para os efeitos principais da variável ALP é demonstrada na Tabela 20.

Com relação ao arranjo de plantas, houve diferenças significativas entre os tres arranjos estudados, onde o arranjo de plantas 0,25x0,50 foi superior e diferiu estatisticamente dos demais arranjos de planta para o caráter ALP.

Na comparação de médias das safras de cultivo pode-se observar que a safra 2013/2014 foi superior a safra 2015/2016 para ALP, resultado semelhante ao AIV, é válido salientar que as diferenças entre as médias são superiores a 33 cm de altura.

Com relação a resposta de ALP (Figura 18) em função das diferentes populações estudadas, inicialmente houve tendencia de aumento da ALP, até a população de 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>, após uma leve tendencia de redução da altura de plantas para a 1ª safra de cultivo. Na 2ª safra de cultivo as ALP foram consideravelmente inferiores, o arranjo 0,25 apresentou a mesma tendência da 1ª safra, já os demais arranjos revelaram leve resposta de aumentar a ALP em populações acima de 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Contudo, para ambos os experimentos, a altura de plantas foi superior nas populações maiores. Os resultados corroboram com Mattioni et al. (2008), no qual os autores trabalharam com cultivo orgânico de soja com diferentes populações e também observaram que a altura de plantas aumentava gradativamente de acordo com o aumento populacional das mesmas.

Tabela 14 - Resultados das médias da altura de planta (ALP) em função dos diferentes espaçamentos entrelinhas e das safras de cultivo. Londrina 2017.

Espaçamento entrelinhas	Altura de Plantas	SAFRA	Altura de Plantas
0,25 m	76,98 b	2013/2014	94,07 a
0,5 m	76,97 b	2015/2016	61,47 b
0,25 x 0,50 m	79,36 a		

Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, pertencem ao mesmo grupo de médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

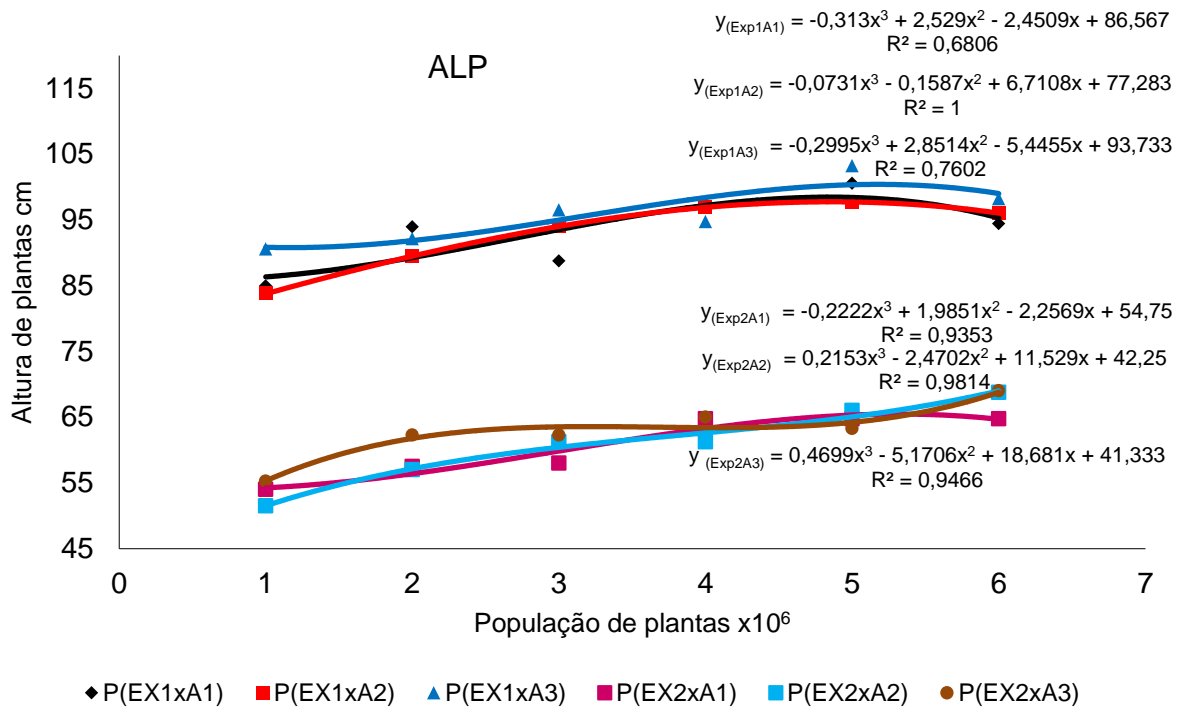


Figura 18 - Efeito da interação dos fatores população de plantas e espaçamentos entrelinhas na variável altura (cm) (ALP) Safras 2013/2014 e 2015/16.

Gewehr et al. (2014) estudando a influência da população de plantas na altura de plantas não observou diferença entre as médias de ALP para as diferentes populações estudadas, mas a variável altura da inserção da primeira vagem evidencia uma tendência crescente conforme o aumento da população. Neste estudo os valores observados para a variável ALP não apresentaram resposta da variável em relação aos diferentes espaçamentos entrelinhas, e nem em relação às interações entre os espaçamento entrelinhas e diferentes populações de plantas. Entretanto nos ensaios realizados em diferentes espaçamentos quando utilizado 0,20 m obteve a maior altura de plantas na avaliação de 45 dias após emergência (SOLANO; YAMASHITA, 2012).

#### 4.4 CONCLUSÕES

O aumento da população de plantas promoveu o aumento da altura de plantas para a cultivar CA7442 RR, de tipo de crescimento inderteminado, contudo a cultivar resistiu ao acamamento onde mesmo para as altas populações se manteve estável durante todo seu ciclo.

Os espaçamentos entrelinhas com linhas pareadas diferiu dos espaçamentos com linhas simples nas duas safras, permitindo o pleno desenvolvimento da planta sem causar acamamento.

A variável altura da inserção da primeira vagem apresentou respostas significativas para as interações duplas entre as diferentes épocas de semeadura e o aumento populacional, porém dentro de limites aceitáveis para a realização da colheita mecanizada da soja.

A altura da inserção da primeira vagem também apresentou respostas significativas para a interação dupla entre o aumento populacional e os diferentes espaçamentos entrelinhas, sendo que os espaçamentos com linhas pareadas apresentaram os maiores valores para esta variável.

O índice de área foliar sofre variação das condições da safra de cultivo, dos arranjos e também da densidade de plantas utilizadas.

. O NDVI apresentou respostas significativas apenas para o fator população de plantas, não sendo identificado qualquer significância entre as médias obtidas nos diferentes anos e espaçamento entrelinhas estudados.

Os arranjos de linhas pareadas proporcionaram boas condições para desenvolvimento das variáveis estudadas indicando uma nova proposta de espaçamento entrelinhas para os modelos atuais.

## REFERÊNCIAS

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BOARD, J. E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B. G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.

BRILHADOR, A., COLONHEZI, T.P., BUGATTI, P.H., LOPES, F. M.: Combining texture and shape descriptors for bioimages classification: a case of study in ImageCLEF dataset. In: Ruiz-Shulcloper, J., Sanniti di Baja, G. (eds.) CIARP 2013, Part I. LNCS, vol. 8258, pp. 431–438. Springer, Heidelberg (2013).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, **Indicadores da Agropecuária**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_08\\_57\\_48\\_bol\\_etim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_bol_etim_graos_setembro_2015.pdf)>. Acesso em 11 nov. 2015.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1996/97**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 164p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2003**. ISSN - Versão eletrônica, Jan/2003 disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/index.htm>>. Acesso em: outubro 2009.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Circular Técnica 51: 2007. Londrina. 11 p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja**. Circular Técnica 358 Londrina, PR - 2014: 2014. Londrina. 31 p.

LAMBERT, E. S.; MEYER, M. C.; KLEPKER, D. (Org.). Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 284).

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LIMA, C.A.S.; SILVA, L.; MARINATO, R.; Época de semeadura, densidade e irrigação do amendoim. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p. 52-53, 2008.

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p. 954-962, 2012.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantio**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

PELUZIO, J. M.; GOMES, R. S; ROCHA, R. N. C; DARY, E. P.; FIDÉLIS, R. R. Densidade e espaçamento de plantas de soja cultivar Conquista em Gurupi – TO. **Bioscience Journal**, v. 16, n. 1, p. 3 – 13, 2000.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.24, n. 2, p. 183-188, 1998.

PIRES, J. L. **Efeito da redução do espaçamento entrelinhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 1998. 94f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PROCÓPIO, S. O.; BALBIONT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento inderteminado. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

SANTOS, R.C. et al. Nova cultivar de amendoim para as condições do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília , v. 35, n.3, p. 665-670, 2003.

RAMBO, L. **Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas**. 2004. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F. PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G.. Rendimento dos grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, 2003.

REZENDE, P. M. de; VIEIRA, M. das G. G. C.; FRAGA, A. C.; FAVORETO, C. R. S. Efeitos da densidade de plantas, sobre a produção, qualidade das sementes e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 30-38, 1985.

THOMAS, A. L. **Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta à cobertura morta e à incorporação de gesso ao solo, com e sem irrigação**. 1992. 91f.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entrelinhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.543-546, 1998.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N. E. ; SOUZA, P. I. M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 ARTIGO A

Tabela 15 Decomposição das somas de quadrado médios dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios						
		RDG <sup>1</sup>	MMG	NGP	NVP	NGV	MGP	
Bloco(Exp)	6	257639,4 **	230,4 **	3692,95 *	47,24 ns	0,08 ns	70,23 **	
Exp	1	79882183,4 **	218758,9 **	85176,42 **	724,95 **	9,30 **	794,30 **	
Arranjo	2	5635461,1 **	25,8 ns	231,50 ns	233,87 ns	0,03 ns	2,13 ns	
Exp*Arranjo	2	4948015,9 **	36,4 ns	262,90 ns	454,83 *	0,012 ns	3,01 ns	
Pop(EXp1xArranjo1)	5	134594 ns	116,5497 ns	35945 **	7776,01 **	0,4734 *	227,33 **	
Pop(EXp1xArranjo2)	5	42828 ns	142,7974 *	41479 **	5562,68 **	0,1634 ns	212,27 **	
Pop(EXp1xArranjo3)	5	58259 ns	84,27875 ns	44228 **	2940,87 **	0,1370 ns	244,80 **	
Pop(EXp2xArranjo1)	5	1102443 *	193,1094 **	27730 **	572,46 **	0,9387 **	607,65 **	
Pop(EXp2xArranjo2)	5	602542 ns	32,47167 ns	22668 **	1182,79 **	0,3956 *	494,66 **	
Pop(EXp2xArranjo3)	5	1974981 **	37,12642 ns	29561 **	1014,65 **	0,2534 **	591,03 **	
<b>Erro</b>	102	314664,5	59,4	1099,2	80,5	0,09	12,08	
<b>Média</b>		3348,2	106	128,2	46,73	2,07	12,75	
<b>CV%</b>		16,8	7,3	25,8	19,19	15,05	27,26	

<sup>1</sup> – RDG rendimento de grãos; MMG massa de mil grãos; NVP número de vagens por planta; NGP número de grãos por planta; NGV número de grãos por vagem; MGP massa de grãos por planta; ns não significativo, \* e \*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 16 - Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.

Causas variação	GL	Quadrados Médios							
		RDG <sup>1</sup>	MMG	NGP	NVP	NGV	MGP		
Bloco (Exp)	6	257639,4 **	230,4 **	3692,95 *	47,24 ns	0,08 ns	70,23 **		
Pop	5	1069870,0 **	135,7 ns	198283,64 **	15387,39 **	0,364 *	2252,69 **		
Arranjo	2	5635461,1 **	25,8 ns	231,50 ns	233,87 ns	0,035 ns	2,13 ns		
Pop*Arranjo	10	735115,2 **	108,6 ns	194,95 ns	137,11 ns	0,049 ns	3,67 ns		
Exp (Pop1xArranjo1)	1	3687513 **	11205 **	10498,00 *	12277,00 **	2,42 **	369,92 **		
Exp (Pop1xArranjo2)	1	3516552 **	12215 **	16754,00 *	3933,84 **	0,125 ns	351,12 **		
Exp (Pop1xArranjo3)	1	12520759 **	9248 **	13001,00 *	848,72 **	0,281 ns	306,28 **		
Exp (Pop2xArranjo1)	1	2032733 *	10702 **	6486,60 *	89,78 ns	0,361 ns	50,50 *		
Exp (Pop2xArranjo2)	1	1145492 ns	9146 **	5924,16 *	136,95 ns	0,1012 ns	28,50 ns		
Exp (Pop2xArranjo3)	1	8224148 **	13995 **	13596,00 *	0,045 ns	0,1012 ns	41,86 ns		
Exp (Pop3xArranjo1)	1	2212882 *	10368 **	3767,12 ns	46,56 ns	1,125 *	24,5 ns		
Exp (Pop3xArranjo2)	1	4763550 **	13358 **	2697,45 ns	120,90 ns	1,445 *	53,04 *		
Exp (Pop3xArranjo3)	1	16870498 **	13473 **	4204,44 ns	9,03 ns	0,361 ns	49,00 *		
Exp (Pop4xArranjo1)	1	4719206 **	16155 **	3333,36 ns	0,245 ns	1,361 *	29,64 ns		
Exp (Pop4xArranjo2)	1	3250868 **	14289 **	3465,28 ns	154,88 ns	1,711 **	20,48 ns		
Exp (Pop4xArranjo3)	1	13683511 **	10182 **	1633,06 ns	222,60 ns	1,201 *	20,16 ns		
Exp (Pop5xArranjo1)	1	538255 ns	14878 **	4005,12 ns	46,56 ns	2,645 **	2,205 ns		
Exp (Pop5xArranjo2)	1	7269866 **	12641 **	386,42 ns	37,84 ns	0,405 *	29,26 ns		
Exp (Pop5xArranjo3)	1	3595087 **	11476 **	3528,00 ns	242,00 ns	2,101 **	0,845 ns		
Exp (Pop6xArranjo1)	1	149,645 ns	12075 **	3938,28 ns	246,42 ns	1,620 **	0,001 ns		
Exp (Pop6xArranjo2)	1	4103683 **	13497 **	946,12 ns	81,92 ns	1,05 *	11,52 ns		
Exp (Pop6xArranjo3)	1	2371515 *	11198 **	2224,44 ns	78,12 ns	0,405 *	0,08 ns		
<b>Erro</b>	102	314664,5	59,4	1099,16	80,45	0,097	12,08		
<b>Média</b>		3348,2	106,0	128,52	46,72	2,07	12,75		
<b>CV%</b>		16,8	7,3	25,79	19,19	15,05	27,26		
<b>R<sup>2</sup></b>				0,91	0,92	0,69	0,91		

<sup>1</sup> RDG rendimento de grãos; MMG massa de mil grãos; NVP número de vagens por planta; NGP número de grãos por planta; NGV número de grãos por vagem; MGP massa de grãos por planta; ns não significativo, \* e \*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 17 - Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando arranjo e variando os experimentos e populações de plantas. Londrina, 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		RDG	MMG	NGP	NVP	NGV	MGP
Bloco(Exp)	6	257639,4 **	230,4 **	3692,95 *	47,24 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	70,23 **
Exp	1	79882183,4 **	218758,9 **	85176,42 **	724,95 *	9,30 **	794,30 **
Pop	5	1069870 **	135,7 <sup>ns</sup>	198283,6 **	15387,39 **	0,03 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>
Exp*Pop	5	1387982,9 **	61,1 <sup>ns</sup>	2380,61 <sup>ns</sup>	2830,01 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	113,71 **
Arranjo(EXp1xPop1)	2	52720 <sup>ns</sup>	64,63083 <sup>ns</sup>	240,65 <sup>ns</sup>	2164,00 **	0,610 *	5,207 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop2)	2	4956,70583 <sup>ns</sup>	110,3108 <sup>ns</sup>	761,85 <sup>ns</sup>	36,242 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	0,160 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop3)	2	6982,36083 <sup>ns</sup>	11,90583 <sup>ns</sup>	130,66 <sup>ns</sup>	0,8633 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,092 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop4)	2	309229 <sup>ns</sup>	178,9725 <sup>ns</sup>	171,79 <sup>ns</sup>	158,76 <sup>ns</sup>	0,035 <sup>ns</sup>	2,000 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop5)	2	201710 <sup>ns</sup>	12,76333 <sup>ns</sup>	302,33 <sup>ns</sup>	9,403 <sup>ns</sup>	0,240 <sup>ns</sup>	0,790 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop6)	2	197392 <sup>ns</sup>	94,57 <sup>ns</sup>	192,00 <sup>ns</sup>	16,622 <sup>ns</sup>	0,185 <sup>ns</sup>	0,557 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop1)	2	2290595 **	64,43583 <sup>ns</sup>	375,54 <sup>ns</sup>	251,32 *	0,490 *	4,052 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop2)	2	1681405 *	35,24333 <sup>ns</sup>	113,15 <sup>ns</sup>	59,773 <sup>ns</sup>	0,063 <sup>ns</sup>	2,123 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop3)	2	3990040 **	91,00583 <sup>ns</sup>	51,03 <sup>ns</sup>	42,303 <sup>ns</sup>	0,110 <sup>ns</sup>	3,690 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop4)	2	2813035 **	279,8658 *	57,92 <sup>ns</sup>	0,8033 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	4,243 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop5)	2	976255 <sup>ns</sup>	101,2133 <sup>ns</sup>	299,31 <sup>ns</sup>	24,175 <sup>ns</sup>	0,090 <sup>ns</sup>	6,960 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop6)	2	1322565 *	41,0425 <sup>ns</sup>	164,44 <sup>ns</sup>	4,590 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	3,690 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	102	314664,5	59,4	1099,16	80,46	0,097	12,08
<b>Média</b>		3348,2	106	128,53	46,72	2,07	12,75
<b>CV%</b>		16,8	7,3	25,79	19,19	15,05	27,26

<sup>1</sup> – RDG rendimento de grãos; MMG massa de mil grãos; NVP número de vagens por planta; NGP número de grãos por planta; NGV número de grãos por vagem; MGP massa de grãos por planta; ns não significativo, \* e \*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

## ANEXO 2 ARTIGO B

Tabela 18 - Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		AIV*	ALP	IAF	NDVI
Bloco(Exp)	6	7,5 <sup>ns</sup>	36 <sup>ns</sup>	3,94 <sup>*</sup>	19,27 <sup>*</sup>
Exp	1	3803,8 <sup>ns</sup>	38272,4 <sup>ns</sup>	19,36 <sup>*</sup>	2,00 <sup>ns</sup>
Arranjo	2	31,4 <sup>**</sup>	91,4 <sup>**</sup>	4,47 <sup>*</sup>	9,63 <sup>ns</sup>
Exp*Arranjo	2	14,8 <sup>**</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	42,84 <sup>*</sup>
Pop(EXp1xArranjo1)	5	86,45167 <sup>**</sup>	129,4847 <sup>**</sup>	9,13 <sup>**</sup>	13,44 <sup>ns</sup>
Pop(EXp1xArranjo2)	5	84,49742 <sup>**</sup>	116,4108 <sup>**</sup>	2,88 <sup>*</sup>	70,50 <sup>**</sup>
Pop(EXp1xArranjo3)	5	123,417 <sup>**</sup>	82,70442 <sup>**</sup>	4,83 <sup>*</sup>	37,86 <sup>**</sup>
Pop(EXp2xArranjo1)	5	8,8 <sup>ns</sup>	89,275 <sup>**</sup>	10,35 <sup>**</sup>	31,97 <sup>*</sup>
Pop(EXp2xArranjo2)	5	9,5 <sup>ns</sup>	153,1417 <sup>**</sup>	8,82 <sup>**</sup>	11,86 <sup>ns</sup>
Pop(EXp2xArranjo3)	5	8,866667 <sup>ns</sup>	80,86667 <sup>**</sup>	13,19 <sup>**</sup>	7,14 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	102	7,4	20,4	1,06	6,30
<b>Média</b>		14,2	77,8	4,22	82,70
<b>CV%</b>		19,1	5,8	24,12	3,03

\*AIV: altura de inserção do primeiro legume; ALP: altura de planta. ns não significativo, \* e \*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 19 - Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando a população e variando os experimentos e arranjos de plantas. Londrina, 2017.

Causas variação	GL	Quadrados Médios			
		AIV	ALP	IAF	NDVI
Bloco (Exp)	6	7,5 <sup>ns</sup>	36,0 <sup>ns</sup>	3,28 <sup>*</sup>	19,27 <sup>*</sup>
Pop	5	196,6 <sup>**</sup>	537,0 <sup>**</sup>	34,15 <sup>**</sup>	125,19 <sup>**</sup>
Arranjo	2	31,4 <sup>**</sup>	91,4 <sup>**</sup>	3,84 <sup>*</sup>	9,63 <sup>ns</sup>
Pop*Arranjo	10	19,6 <sup>**</sup>	24,1 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>*</sup>	2,10 <sup>ns</sup>
Exp (Pop1xArranjo1)	1	76,88 <sup>**</sup>	1915,805 <sup>**</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	36,12 <sup>*</sup>
Exp (Pop1xArranjo2)	1	85,805 <sup>**</sup>	2083,351 <sup>**</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	136,12 <sup>**</sup>
Exp (Pop1xArranjo3)	1	120,125 <sup>**</sup>	2495,711 <sup>**</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	36,12 <sup>*</sup>
Exp (Pop2xArranjo1)	1	103,68 <sup>**</sup>	2653,561 <sup>**</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	21,12 <sup>ns</sup>
Exp (Pop2xArranjo2)	1	154,88 <sup>**</sup>	2106,005 <sup>**</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	8,00 <sup>ns</sup>
Exp (Pop2xArranjo3)	1	94,53125 <sup>**</sup>	1785,031 <sup>**</sup>	4,20 <sup>*</sup>	3,12 <sup>ns</sup>
Exp (Pop3xArranjo1)	1	98 <sup>**</sup>	1891,125 <sup>**</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	4,50 <sup>ns</sup>
Exp (Pop3xArranjo2)	1	138,6113 <sup>**</sup>	2148,401 <sup>**</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
Exp (Pop3xArranjo3)	1	163,805 <sup>**</sup>	2349,551 <sup>**</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,125 <sup>ns</sup>
Exp (Pop4xArranjo1)	1	274,9513 <sup>**</sup>	2138,58 <sup>**</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	6,12 <sup>ns</sup>
Exp (Pop4xArranjo2)	1	433,6513 <sup>**</sup>	2548,98 <sup>**</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	36,12 <sup>*</sup>
Exp (Pop4xArranjo3)	1	267,9613 <sup>**</sup>	1770,125 <sup>**</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>
Exp (Pop5xArranjo1)	1	475,8613 <sup>**</sup>	2563,28 <sup>**</sup>	4,35 <sup>ns</sup>	6,12 <sup>ns</sup>
Exp (Pop5xArranjo2)	1	397,62 <sup>**</sup>	2006,611 <sup>**</sup>	15,12 <sup>*</sup>	0,125 <sup>ns</sup>
Exp (Pop5xArranjo3)	1	360,4613 <sup>**</sup>	3196,001 <sup>**</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	0,125 <sup>ns</sup>
Exp (Pop6xArranjo1)	1	88,445 <sup>**</sup>	1761,211 <sup>**</sup>	12,25 <sup>*</sup>	8,00 <sup>ns</sup>
Exp (Pop6xArranjo2)	1	258,7813 <sup>**</sup>	1490,58 <sup>**</sup>	2,64 <sup>ns</sup>	0,125 <sup>ns</sup>
Exp (Pop6xArranjo3)	1	667,9513 <sup>**</sup>	1708,201 <sup>**</sup>	34,03 <sup>**</sup>	0,125 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	102	7,4	20,4	1,06	6,31
<b>Média</b>		14,2	77,8	4,22	82,70
<b>CV%</b>		19,1	5,8	24,12	3,03
<b>R<sup>2</sup></b>				0,73	0,63

\*AIV: altura de inserção do primeiro legume; ALP: altura de planta. ns não significativo, \* e

\*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 20 - Decomposição das somas de quadrado dos fatores aninhados fixando arranjo e variando os experimentos e populações de plantas. Londrina, 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		AIV	ALP	IAF	NDVI
Bloco(Exp)	6	7,5 <sup>ns</sup>	36 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>*</sup>	19,27 <sup>*</sup>
Exp	1	3803,8 <sup>ns</sup>	38272,4 <sup>ns</sup>	21,67 <sup>*</sup>	2,00 <sup>ns</sup>
Pop	5	196,6 <sup>**</sup>	537 <sup>**</sup>	33,39 <sup>**</sup>	125,19 <sup>**</sup>
Exp*Pop	5	58,7 <sup>**</sup>	30,6 <sup>**</sup>	5,72 <sup>*</sup>	16,59 <sup>*</sup>
Arranjo(EXp1xPop1)	2	4,643333 <sup>ns</sup>	52,84083 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	52,75 <sup>*</sup>
Arranjo(EXp1xPop2)	2	1,730833 <sup>ns</sup>	20,28083 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	13,08 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop3)	2	10,93083 <sup>ns</sup>	63,0175 <sup>*</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop4)	2	25,06333 <sup>*</sup>	8,253333 <sup>ns</sup>	4,32 <sup>*</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop5)	2	7,615833 <sup>ns</sup>	30,81583 <sup>ns</sup>	7,85 <sup>*</sup>	1,08 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp1xPop6)	2	154,3758 <sup>**</sup>	14,54083 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	4,08 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop1)	2	1,583333 <sup>ns</sup>	14,58333 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	32,25 <sup>*</sup>
Arranjo(EXp2xPop2)	2	0,583333 <sup>ns</sup>	33,58333 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	5,08 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop3)	2	1,583333 <sup>ns</sup>	19,75 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop4)	2	2,333333 <sup>ns</sup>	17,58333 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>*</sup>	16,58 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop5)	2	0,583333 <sup>ns</sup>	7,583333 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
Arranjo(EXp2xPop6)	2	0,583333 <sup>ns</sup>	22,75 <sup>ns</sup>	5,23 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	102	7,4	20,4	1,03	6,31
<b>Média</b>		14,2	77,8	4,22	82,70
<b>CV%</b>		19,1	5,8	24,12	3,03

\*AIV: altura de inserção do primeiro legume; ALP: altura de planta. ns não significativo, \* e \*\*significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F