



# Desempenho da cultura da soja (*Glycine max*) em resposta a diferentes densidades de sementeira e geometrias espaciais

Victor de Mattos Milman

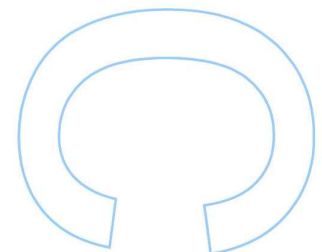
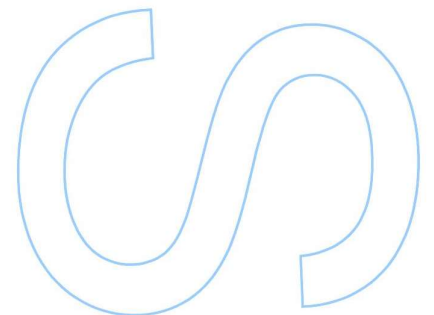
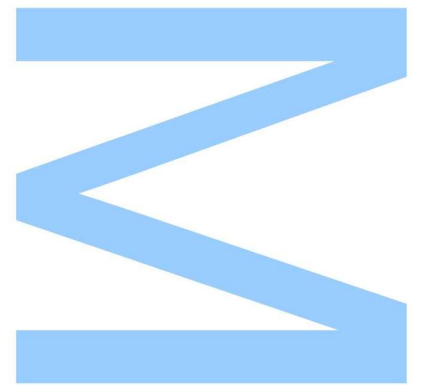
Mestrado em Engenharia Agrônômica

Departamento de Geociência, Ambiente e Ordenamento do Território

2020

**Orientador**

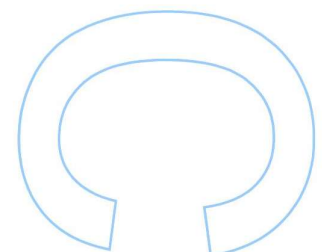
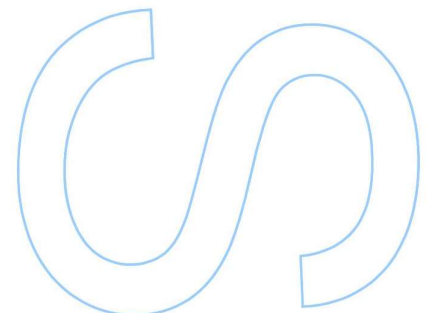
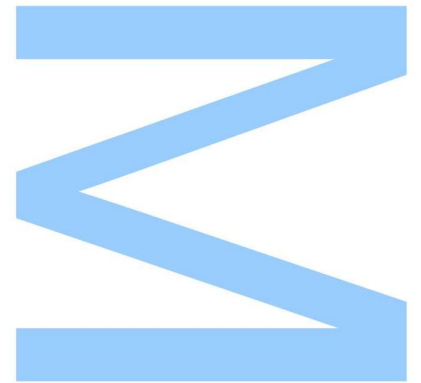
Maria Eugênia dos Santos Nunes, Professora Doutora, Faculdade de Ciências



Todas as correções determinadas  
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



## Agradecimentos

À professora Orientadora Doutora Maria Eugénia dos Santos Nunes, pelo incentivo e oportunidade que me foi dado, pela orientação e disponibilização de conhecimentos científicos nas áreas de Produção Cereais, Proteaginosas, Oleaginosas, e Melhoramento Genético que favoreceu na escolha do tema da minha tese.

À Dona Fernanda, por toda ajuda prestada e conhecimento compartilhado.

Ao meu colega João Shenga pela ajuda que sempre me deu.

À minha namorada Carolina Cordeiro por sempre me apoiar e me motivar durante todo período de estudo.

Aos meus pais, familiares, amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho, aqui não relacionados, mas não esquecidos.

Agradeço a todos os que me ajudaram a concluir este trabalho e a finalizar uma etapa importante da minha vida.

À todos, o meu muito obrigado.

## Sumário

Em 2018/19 a área de soja (*Glycine max*) cultivada a nível mundial atingiu mais de 125 milhões de hectares, totalizando uma produção de 360,26 milhões de toneladas e produtividade média de 2,87 toneladas por hectare (USDA). Em Portugal a produção de soja é insuficiente para suprir as necessidades do país. Além do objetivo de atingir um balanço comercial satisfatório, a produção de soja também auxilia da fixação de azoto no solo, o que diminui a necessidade da fertilização mineral. Para a indústria de ração, Portugal importa farelo de soja e/ou semente de soja para ser transformada em farelo e para a indústria de biodiesel, importa óleo de soja. Em 2018, o óleo de soja representou quase 10% da matéria-prima usada na produção de biocombustível. Nesta base, seria útil determinar a viabilidade da cultura de soja em Portugal que poderia ser utilizada em rotação com a cultura do milho. O presente trabalho investigou o desempenho da cultura da soja em resposta a diferentes densidades de sementeira e geometrias espaciais, bem como identificar a geometria espacial com o máximo potencial de rendimento de grãos. Utilizou-se um ensaio fatorial (2x3), com um delineamento em split-plot em blocos completamente casualizados, com 3 repetições. A parcela principal diz respeito a distância entre linhas (20 e 40 cm) e o subtalhão aos tratamentos [2 variedades (PR91M10 e P18A02) x 3 densidades de plantas (312.500, 416.667, 500.000 plantas/ha)]. Os dados foram analisados recorrendo à análise de variância (ANOVA) e as medias foram comparadas utilizando o teste de Duncan. A geometria espacial que apresentou maior rendimento foi a (20 cm x 16 cm) com a menor densidade de sementeira (312.500 plantas por hectare), com média de 3,05 toneladas por hectare. Nesta disposição cada planta dispõe de 0,032 m<sup>2</sup>. A redução da distância entrelinhas é uma importante ferramenta para atingir maior rendimento de grãos, logo aumentando a rentabilidade da cultura.

Palavras chaves: soja, distância entre linhas, densidade de plantas, rendimento.

## Abstract

In 2018/19 the globally cultivated soybean area (*Glycine max*) reached more than 125 million hectares, totaling a production of 360.26 million tons and an average productivity of 2.87 tons per hectare (USDA). In Portugal, soy production is insufficient to meet the country's needs. In addition to the objective of achieving a satisfactory trade balance, soybean production also helps to correct nitrogen in the soil, which requires mineral fertilization. For the feed industry, Portugal imports soybean meal and / or soybean seed to be transformed into meal and for the biodiesel industry, it imports soybean oil. In 2018, soy oil represents almost 10% of the raw material used in the production of biofuel. On this basis, it would be useful to determine the viability of the soybean crop in Portugal that could be used in rotation with the corn crop. The present work investigated the performance of the soybean crop in response to different sowing densities and spatial arrangements, as well as to identify the spatial arrangement with the maximum grain yield potential. Use a factorial test (2x3), with a split-plot design in completely randomized blocks, with 3 repetitions. The main part concerns the distance between rows (20 and 40 cm) and the sub-field to the treatments [2 varieties (PR91M10 and P18A02) x 3 plant densities (312.500, 416.667, 500.000 plants / ha)]. The data were deviated using analysis of variance (ANOVA) and the media were compared using the Duncan test. The spatial arrangement with the highest yield was the (20 cm x 16 cm) with the lowest sowing density (312.500 plants per hectare), with an average of 3.05 tons per hectare. In this arrangement, each plant has 0,032m<sup>2</sup>. Reducing the distance between the lines is an important tool to achieve greater grain yield, thus increasing the yield of the crop.

Key words: soybean, distance between rows, plant density, yield.

# Índice

Agradecimentos.....	2
Sumário.....	3
Abstract.....	4
Índice.....	5
Índice de Figuras.....	7
Índice de Tabelas.....	8
Introdução.....	10
Objetivo.....	13
Geral.....	13
Revisão Bibliográfica.....	14
Origem e Importância da cultura.....	14
Utilizações da soja.....	14
Botânica.....	16
Desenvolvimento da planta de soja.....	17
Exigências edafoclimáticas.....	17
Operações culturais.....	19
Material e métodos.....	20
Resultados.....	24
Efeito da distância entre linhas.....	24
Altura das plantas de soja.....	24
Número de nós no caule principal.....	24
Número de ramificações por planta.....	24
Número de vagens.....	25
Peso fresco das vagens.....	25
Matéria seca das vagens.....	26
Comprimento da vagem.....	26
Peso das vagens.....	26
Número e Peso das sementes por vagem.....	27
Peso de mil grãos.....	27
Índice de colheita (%).....	27
Rendimento da cultura.....	28
Efeito da geometria espacial.....	28

Altura da planta.....	28
Número de nós no caule principal .....	28
Número de ramificações por planta .....	29
Número de vagens no caule principal.....	29
Número de vagens nas ramificações.....	29
Número de vagens por planta .....	30
Peso fresco das vagens .....	30
Matéria seca das vagens .....	31
Comprimento das vagens .....	31
Peso das vagens.....	32
Número de sementes por vagem .....	32
Peso das sementes por vagem.....	32
Peso de mil grãos.....	33
Índice de colheita (%).....	33
Rendimento da cultura .....	34
Efeito do genótipo .....	34
Altura das plantas de soja.....	34
Número de nós no caule principal .....	34
Número de ramificações por planta .....	35
Número de vagens no caule principal.....	35
Número de vagens por ramificação .....	35
Número de vagens por planta .....	35
Peso fresco das vagens .....	36
Matéria seca das vagens .....	36
Comprimento das vagens .....	36
Peso das vagens.....	37
Número de sementes por vagem .....	37
Peso das sementes por vagem.....	37
Peso de mil grãos.....	37
Índice de colheita (%).....	38
Rendimento da cultura .....	38
Discussão .....	39
Conclusão.....	41
Referências Bibliográficas .....	42

## Índice de Figuras

Figura 1. Estados fenológicos da soja.....	17
Figura 2. Esquema do ensaio realizado no Campus de Vairão, ilustrando uma variedade de soja, com indicação das parcelas principais (20 e 40 cm entre plantas) e das 3 subparcelas (densidade de sementeira), com as respectivas distâncias entre plantas nas linhas e o número de plantas por por linha. Linha B=Bordadura. ....	20
Figura 3. Sementeira realizada no dia 14 de maio. ....	21
Figura 4. Bandeja de alvéolos com plantas da variedade 2 para substituir plantas que não obtiveram sucesso no campo.....	21
Figura 5. Plantas da variedade 2, submetidas ao tratamento 20cm x 16cm, colhidas no dia 10 de setembro. ....	22



## Índice de Tabelas

Tabela 1. Valores médios das plantas: Efeito da distância entre linhas na Altura da planta, no Número de nós no caule principal e no Número de ramificações por planta. ....	24
Tabela 2. Valores médios das plantas: Efeito da distância entre linhas no Número de vagens no caule principal, no Número de vagens nas ramificações e no Número de vagens por planta.....	25
Tabela 3. Valores médios das plantas: Efeito da distância entre linhas no Peso fresco da vagem e na Matéria seca das vagens.....	26
Tabela 4. Valores médios das vagens: Efeito da distância entre linhas no Comprimento das vagens e no Peso das vagens. ....	26
Tabela 5. Valores médios das sementes: Efeito da distância entre linhas no Número de sementes por vagem, no Peso das sementes por vagem, e no Peso de mil grãos.....	27
Tabela 6. Efeito da distância entre linhas nos valores médios do Índice de colheita e do Rendimento. ....	28
Tabela 7. Valores médios das plantas: Efeito da geometria espacial na Altura da planta, no Número de nós no caule principal e no Número de ramificações por planta. ....	29
Tabela 8. Valores médios das plantas: Efeito da geometria espacial no Número de vagens no caule principal, no Número de vagens nas ramificações e no Número de vagens por planta.....	30
Tabela 9. Valores médios das plantas: Efeito da geometria espacial no Peso fresco da vagem e na Matéria seca das vagens.....	31
Tabela 10. Valores médios das vagens: Efeito da geometria espacial no Comprimento das vagens e no Peso das vagens. ....	32
Tabela 11. Valores médios das sementes: Efeito da geometria espacial no Número de sementes por vagem, no Peso das sementes por vagem, e no Peso de mil grãos.....	33
Tabela 12. Efeito da geometria espacial nos valores médios do Índice de colheita e do Rendimento. ....	34
Tabela 13. Valores médios das plantas: Efeito do genótipo na Altura da planta, no Número de nós no caule principal e no Número de ramificações por planta.....	35
Tabela 14. Valores médios das plantas: Efeito do genótipo no Número de vagens no caule principal, no Número de vagens nas ramificações e no Número de vagens por planta. ....	35
Tabela 15. Valores médios das plantas: Efeito do genótipo no Peso fresco da vagem e na Matéria seca das vagens. ....	36
Tabela 16. Valores médios das vagens: Efeito do genótipo no Comprimento das vagens e no Peso das vagens.....	377

Tabela 17. Valores médios das sementes: Efeito do genótipo no Número de sementes por vagem, no Peso das sementes por vagem, e no Peso de mil grãos. .... 37

Tabela 18. Efeito do genótipo nos valores médios do Índice de colheita e do Rendimento. 38

## Introdução

Devido ao crescimento populacional e a necessidade de produzir mais, é preciso estar atento a cada detalhe para extrair da cultura o seu máximo em produtividade, pois é justamente isso o que nos tornará cada vez mais eficientes, utilizando o mesmo espaço de área. O potencial produtivo das cultivares está intimamente relacionado às condições do ambiente onde as plantas se irão desenvolver. Neste âmbito o presente trabalho buscou encontrar uma disposição espacial adequada para a produção de soja.

Sem dúvida, o desenvolvimento de estratégias para alimentar de forma sustentável, equitativa, lucrativa e nutritiva a crescente população mundial representa um grande desafio que, de certa forma, definirá o século 21 (FOLEY et al., 2011). Muito tem sido escrito sobre este tópico a partir de uma gama de perspectivas que incluem: ciência agrária, população e demografia, saúde humana e nutrição, ciência da sustentabilidade, política económica e estudos interdisciplinares (GODFRAY et al, 2010).

Em Portugal não há tradição na produção de soja, a área plantada utilizada para ensaios de variedades e pequenas áreas nas regiões centro e sul do país. A produção é extremamente pequena em relação ao que o país consome. Relatório do Instituto Nacional de Estatística (INE), versão 2019, não apresenta qualquer dado sobre produtividade da cultura no país.

A soja é rica em proteínas e teor de óleo, o que representa cerca de 60% do peso da soja seca. O restante consiste em 35% de hidratos de carbono e cerca de 5% de cinzas. Apresenta muitas vitaminas, flavonoides e polissacarídeos. É uma fonte de proteína completa, contendo quantidades significativas de aminoácidos essenciais que não podem ser sintetizados pelo corpo humano (HENKEL, 2000).

Os principais produtos derivados da soja são: grão, óleo de soja, fibras, leite de soja, tofu, molho de soja, carne de soja, miso (produto tradicional japonês), soja verde, componente de rações, entre outros.

Os produtos à base de soja, são conhecidos como alimentos funcionais em potencial, com propriedades que melhoram a saúde, como aliviar os sintomas na pós-menopausa, reduzir o risco de osteoporose, prevenir doenças cardiovasculares e efeitos antimutagénicos. Entre estes diferentes compostos, destacam-se as isoflavonas (CHEN et al, 2012).

A produção de soja pode ser aumentada expandindo a sua área de cultivo e aumentando a produtividade (rendimento ou produção por unidade de área) utilizando variedades adequadas e práticas agrícolas otimizadas. Fatores como temperatura, radiação solar e precipitação, são parâmetros importantes que não podem ser modificados em condições de

campo (AGGARWAL, N.; RAM, H.; SINGH, G., 2014). As cultivares apresentam na sua constituição genética um potencial máximo de produtividade, que pode sofrer limitações ao encontrar limitações de recursos no ambiente onde a planta está estabelecida. A produtividade obtida nas lavouras é quase sempre inferior ao seu potencial genético (CARGNIN et al., 2006).

Investigações com novas disposições das plantas no campo permitem alterar a capacidade da planta na captação de recursos ambientais, normalmente para diminuir a competição intraespecífica. Estas disposições podem ser alteradas através de diferentes espaçamentos entre as plantas dentro da linha e da distância entre linhas (PIRES et al., 1998).

O aumento da produtividade média no decorrer dos anos está associada a múltiplos fatores, como: redução da competição intraespecífica, maior competitividade com as plantas infestantes, melhor uso da água devido ao sombreamento mais rápido do solo, melhor distribuição de raízes, interceptação da energia solar mais eficiente e absorção mais uniforme dos recursos do solo (RAMBO et al., 2003).

O rendimento da planta de soja é definido pelos seguintes componentes: número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso de grãos, sendo que dentre esses, o mais influenciado pelo ambiente de produção é o número de vagens por planta (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A escolha da data, e densidade de sementeira, deve levar em consideração a região, propriedades do solo, potenciais plantas infestantes e pragas, características da cultura e seu uso, além de considerações econômicas (SHESTAKOVA et al., 2017). Estas escolhas visam atingir condições ótimas de emergência, e garantir o desenvolvimento vegetativo ideal das plantas de soja e, portanto, maximizar a produtividade em quantidade (rendimento de sementes) e em qualidade (rendimento de proteína e óleo) (BELLALLOUI et al., 2015).

Gaspar e Conley (2015) relataram que o aumento da densidade de sementeira aumentou a produção de sementes, principalmente por meio de aumentos na radiação fotossinteticamente ativa interceptada cumulativa (CIPAR) e índice de vegetação de diferença normalizada cumulativa (CumNDVI).

Otimizar o uso de sementes para aumento do lucro na agricultura é o principal objetivo da adoção da tecnologia de sementeira de taxa variável. Estudos anteriores em milho (*Zea mays* L.) sugeriram que as densidades ótimas de sementeira aumentam com o aumento do nível de produtividade. Para a soja [*Glycine max* (L.) Merr.], a densidade ótima de rendimento para sementeira por nível de produção não foi totalmente investigada, representando uma lacuna de conhecimento científico (CORASSA et al, 2018).

Do ponto de vista das práticas culturais, a densidade de sementeira é um dos principais fatores controlados pelos produtores (THOMPSON et al., 2015). Consequentemente, muitos estudos foram conduzidos globalmente sobre o efeito da densidade de sementeira na produtividade da soja (RAHMAN et al., 2011; THOMPSON et al., 2015; FERREIRA et al., 2016). Conceitualmente, a resposta da produtividade da soja à densidade de plantas pode ser separada em três fases (Duncan, 1986): (i) modelo de densidade de produção sem competição de plantas; o rendimento depende principalmente da contribuição individual da planta; (ii) modelo de densidade de produção em escala da canóvia, comunidade de plantas aumentando a interceptação de luz numa base de unidade de área até que a produção alcance um patamar; e (iii) modelo de densidade de rendimento depois que o rendimento atingiu o patamar, o aumento da densidade de sementeira não melhora o rendimento.

As condições ambientais, como o potencial de produção, podem desempenhar um papel importante na densidade de sementeira ideal (THOMPSON et al., 2015). Atualmente, pouco se sabe sobre a oportunidade de ajustar a densidade ótima de sementeira de acordo com os níveis de rendimento ou potencial de rendimento da soja. Muitos agricultores aumentam as densidades de sementeiras de soja nas zonas de menor produção dos campos, mas essa prática não foi bem documentada do ponto de vista de investigação (LOWENBERG-DEBOER, 1999). Uma melhor compreensão sobre este tópico pode lançar luz sobre a otimização do uso de fatores de produção de sementes por zona produtiva dentro de um campo, bem como aumentar o retorno do investimento.

Uma investigação realizada no noroeste dos Estados Unidos documenta uma vantagem de rendimento consistente, de cerca de 134-604 kg/ha, para soja cultivada em espaçamentos estreitos entre linhas (<50 cm) quando comparada àquelas cultivadas em espaçamentos maiores (50–76 cm) (BRUIN; PEDERSEN, 2008).

Entre 2015 e 2017 foi realizado uma investigação na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para avaliar a produção e utilização de soja nas condições de produção da região de Entre Douro e Minho. Este trabalho avaliou diferentes densidades de sementeira (357 000, 278 000 e 95 000 plantas por hectare), e além disso fez algumas avaliações sobre a produção de soja em consociação com plantas de milho. Os resultados mostraram que a densidade de sementeira de 357 000 plantas por hectare e espaçamento entre linha de 35 cm apresentou o melhor rendimento (MOREIRA, 2017). Esta dissertação apresenta-se com restrição de acesso até a data 06/11/2027, no repositório da Universidade de Porto.

As diferenças nas densidades populacionais conduzem a variações na produção na soja. O aumento na população de plantas reduz o número de vagens por planta, diminui o número de grãos por planta e promove maior altura final da planta (KNEBEL et al. 2006). Índices de

área foliar mais altos foram observados em tratamentos com maiores densidades populacionais de plantas de soja (LUCHIARI JUNIOR et al. 2011). O índice de área foliar da soja está positivamente correlacionado ao rendimento de grãos (CASA et al. 2018).

Cox e Cherney (2012) relataram que a soja plantada com distância entre linhas de 19 cm rendeu 7% a mais do que a soja plantada com distância entre linhas de 38 cm e 17% a mais do que a soja plantada com entre linhas de 76 cm. No entanto, em anos de stress hídrico, menores distancias entrelinhas poderão esgotar a água do solo mais rapidamente, devido ao aumento do crescimento vegetativo, e resultar numa disponibilidade insuficiente de água no solo durante os estágios reprodutivos, não apresentando, neste caso, qualquer vantagem de rendimento (BRUIN; PEDERSEN, 2008).

Andrade et al., (2012) verificaram um aumento da produção em plantas de soja semeadas em espaçamentos mais estreitos. Este aumento foi devido a um rápido crescimento inicial da cultura, que permitiu uma cobertura do solo mais precoce, uma melhor competição com plantas infestantes, e um aumento da interceção de radiação durante os períodos críticos para a formação de grãos e consequentemente.

Devido à importância socioeconômica da soja e necessidade de encontrar as condições ideais para o estabelecimento e crescimento da planta de soja, o presente trabalho procurou encontrar resposta a densidade de sementeira adequada para a produção de soja, sendo esta indicada para a região onde o ensaio foi realizado, Campus Agrário da Universidade do Porto, em Vairão, Portugal.

## Objetivo

### Geral

Avaliar o efeito da densidade de sementeira e da geometria espacial no desenvolvimento e produtividade de duas variedades de soja.

Avaliar a interação entre as diferentes densidades de sementeira e as diferentes geometrias espaciais.

Avaliar o desenvolvimento das plantas de soja, com a identificação de cada estágio fenológico.

Avaliar a arquitectura das plantas.

Determinar as componentes de rendimento.

## Revisão Bibliográfica

### Origem e Importância da cultura

A soja tem atribuída a sua origem o continente asiático, especificamente na região do Rio Yangtse (China). Nos primórdios da sua domesticação, para além do trigo, arroz, cevada e milho, era um dos pilares da agricultura na China. Neste período estes grãos eram utilizados como objeto de empréstimos e trocas (BERTRAND, LAURENT e LECLERCQ, 1987).

Durante o século XVII o grão foi trazido por missionários para a Europa, e após a chegada foram realizadas inúmeras tentativas agronômicas, tendo sido selecionadas variedades mais adaptadas ao ambiente europeu. A soja passa a ser utilizada principalmente como forrageira pelos europeus, porém o seu consumo direto enfrenta forte resistência neste período (BERTRAND, LAURENT e LECLERCQ, 1987).

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma importante commodity do agronegócio global. Persiste como uma das culturas mais rentáveis, principalmente porque as suas necessidades de azoto (N) são atendidas pela fixação simbiótica de azoto (HUNGRIA et al., 2005). Na simbiose da soja com a bactéria do gênero *bradyrhizobium*, a planta fornece foto assimilados (hidratos de carbono) à bactéria, via floema, e recebe azoto (nitrato) da fixação via xilema (HUNGRIA et al., 2006). A fixação simbiótica de azoto consome 6 a 12 gramas de carbono por grama de azoto fixado, representando cerca de 20–30% da fotossíntese total da planta; no entanto, este forte consumo de carbono não reduz necessariamente o rendimento, porque pode modular a atividade fotossintética (KASCHUK et al., 2012).

Segundo registros do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a soja é a segunda cultura mais cultivada no mundo, sendo liderada pelo milho. A produção de soja no ano 2019/2020 foi de 345,96 milhões de toneladas, numa área total de 122,65 milhões de hectares e uma produtividade média de 2,82 toneladas por hectare. O Brasil neste ano registrou a maior área plantada, 36,9 milhões de hectares, e, também o país com maior produção, 126 milhões de toneladas. O segundo país com maior produção é os Estados Unidos da América, com área plantada de 30,33 milhões de hectares e produção total de 96,68 milhões de toneladas. Estes dois países juntos produziram neste ano 2019/2020 cerca de 66% da produção mundial (Foreign Agricultural Service/USDA; Global Market Analysis, September 2020).

### Utilizações da soja

A soja contém cerca de 20% de lipídios. Os óleos extraídos da soja são refinados e misturados para diferentes aplicações, sendo a maioria servida como óleo na alimentação humana. O óleo de soja não contém gordura trans e tem baixo teor de gordura saturada.

Quanto a ácidos gordos insaturados, o óleo de soja compreende 21% ácido oleico monoinsaturado, 55% do linoleico poli-insaturado e 8% do linoleico poli-insaturado (DECKELBAUM e TORREJON 2012). O óleo de soja pode reduzir o colesterol no corpo humano devido ao seu alto teor de ácidos gordos poli-insaturados (BENNETT et al. 2003; HAMMOND et al. 2005).

O leite de soja é uma das bebidas tradicionais do mundo oriental, fornecendo oito aminoácidos essenciais para o ser humano (RIVAS et al. 2002). O processo de aquecimento é uma etapa de inativação que remove o sabor de feijão do leite de soja. O leite de soja cru também serve como base para uma variedade de produtos de soja, incluindo tofu, iogurte de soja e queijos (DWYER et al. 1994; TRINDADE et al. 2001; LIU et al. 2006).

O tofu apareceu nos supermercados americanos na década de 1980. Normalmente são servidos como sobremesas e acompanhamentos, bem como ingredientes de sopas. O leite de soja extraído e coagulado (por sal ou ácido) e prensado para formar tofu. O tofu pode ser armazenado durante 1 ano com novas técnicas de pasteurização e embalagem (CHEN et al, 2012).

O molho de soja (shoyu), condimento fermentado produzido por fungos *Aspergillus oryzae* e / ou *Aspergillus soyae* (SU 1999), começou a ser produzido há 2.500 anos na China, sendo actualmente utilizado a nível mundial (SU et al. 2005).

Miso é um produto fermentado de soja, tradicional no Japão (YAMABE et al. 2007), sendo muito utilizado em dietas saudáveis devido aos seus sabores ricos e benefícios saudáveis. Hoje em dia, mais produtos de soja têm sido comercializados, desde suplementos dietéticos à pecuária, devido ao seu alto conteúdo nutricional e muitos ingredientes bioativos (CHEN et al, 2012).

A soja processada pode produzir uma textura e aparência semelhantes a muitos outros alimentos, como carne e laticínios. São adicionados por muitos fabricantes nutrientes adicionais, incluindo cálcio, vitaminas e minerais, para os tornar nutricionalmente equivalentes à proteína animal (KEY et al. 2006; CRAIG 2009).

Os ruminantes são alimentado com soja, porque para além das sementes serem ricas em ácidos gordos omega-6, constitui um bom suplemento proteico pela quantidade de lisina no farelo (SCHINGOETHE 1996).

A soja também é comercializada em muitos produtos industriais, incluindo óleos, sabões, cosméticos, resinas, plásticos, tintas, giz de cera, solventes e roupas. O óleo de soja é a principal fonte de biodiesel nos EUA (embora com algumas preocupações éticas), respondendo por 80% da produção doméstica de biodiesel (SIQUEIRA et al. 2008; KIM e



DALE 2009). A soja também tem sido usada desde 2001 como caldo de fermentação na fabricação de uma marca de vodka (SUSTAINABILITY FACT SHEET, NATIONAL BIODIESEL BOARD, 2008). Materiais ricos em fibras, incluindo resíduo de shoyu mash dessalinizado, sólido insolúvel em álcool e sólido insolúvel em água, foram preparados a partir de resíduo de shoyu mash, que é um bolo de filtração obtido durante o isolamento de shoyu por filtração de prensa de matriz fermentada no processo final. Esses materiais ricos em fibras podem ser uma fonte potente de fibras para alimentos saudáveis (YEH et al. 2005).

## Botânica

A soja (*Glycine max*), é uma leguminosa, pertencente a família Fabaceae. É uma planta anual ereta, herbácea e de reprodução autógama, apresenta certa variabilidade para algumas características morfológicas, que são influenciadas pelo ambiente, como o ciclo que pode ter de 75 (mais precoces) a 200 dias (mais tardias), a altura que varia de 30 a 200 cm e que pode influenciar a quantidade de ramificações, entre outros (MÜLLER, 1981).

O caule da cultura é herbáceo, ereto, pubescente e ramificado, e o seu desenvolvimento é iniciado a partir do eixo embrionário. Seu crescimento pode ser influenciado pelas condições externas, mas, geralmente, na maioria das cultivares é do tipo ortótopo. O hábito de crescimento da planta pode ser determinado, semideterminado ou indeterminado, de acordo com as características do ápice principal do caule e da cultivar (MÜLLER, 1981).

A planta de soja apresenta três morfologias de folhas durante seu ciclo, sendo elas: cotilédones iniciais, as unifolioladas que aparecem também no início do desenvolvimento e, as trifolioladas que permanecem até a senescência (SEDIYAMA et al., 1985).

As flores da soja são completas e ocorrem em racemos terminais ou axilares. A cor da flor pode ser branca ou púrpura, sendo que a tonalidade púrpura varia de acordo com a genética da cultivar (VERNETTI e JUNIOR, 2009). A abertura floral ocorre geralmente pela manhã e pode ser influenciada pela temperatura e umidade (SEDIYAMA et al., 2005).

As vagens de 3 a 10 centímetros de comprimento, que contêm de 1 a 5 grãos globulosos de cores diversas conforme a variedade: são ricos em proteínas (38%) e em lipídios (18%) e a produtividade atingir 400 grãos por planta (MÜLLER, 1981, BERTRAND, LAURENT e LECLERCQ, 1987, p.21).

A planta de soja é formada por uma raiz axial principal e por raízes secundárias (SEDIYAMA et al., 1985).

Bactérias do gênero *Bradirhizobium* em simbiose com a planta de soja promovem a fixação do azoto do ar e formação de nódulos. O azoto é disponibilizado para a planta na forma assimilável (nitrato) em troca de hidratos de carbono (MASCARENHAS et al., 2005).

## Desenvolvimento da planta de soja

Segundo Fehr e Caviness (1977), a cultura da soja apresenta duas fases durante o ciclo: a fase vegetativa, que abrange desde a germinação e emergência até ao início da floração, e a fase reprodutiva que se inicia com a floração e se estende até a maturação fisiológica dos grãos (Fig. 1).

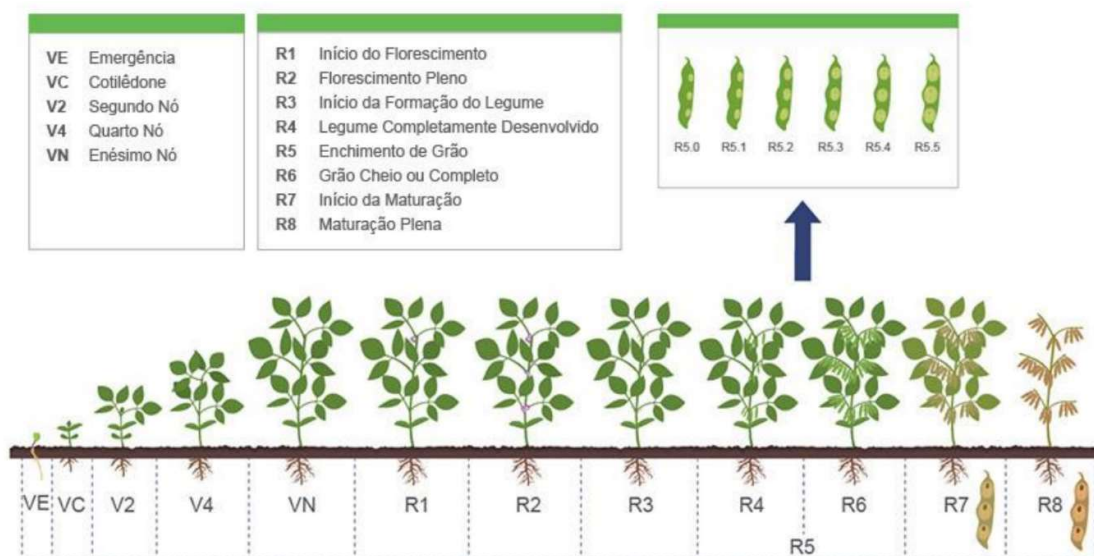


Figura 1. Estados fenológicos da soja.

Fonte: FEHR, CAVINESS (1977)

## Exigências edafoclimáticas

Os fatores abióticos que mais influenciam a produtividade das culturas são: luz, temperatura, água e nutrientes. A incidência de luz solar é um fator primordial para atingir altas produtividades, pois é através da energia solar que a planta realiza fotossíntese para acumular matéria orgânica em seus tecidos. A presença de áreas com sombreamentos ou alta nebulosidade pode reduzir a produtividade e rendimento de grãos. Por consequência, para se ter uma plantação com elevado índice de produtividade, é preponderante utilizar práticas que propiciem um ambiente sem restrições ambientais ao desenvolvimento (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001).

A soja é designada como uma planta de dias curtos, isto é, para entrar em estágio reprodutivo a planta deve estar exposta à luz por um período inferior ao fotoperíodo crítico. Este

fotoperíodo crítico é variável entre as cultivares. Logo a floração é induzida quando a planta está exposta à luz por um período menor que o fotoperíodo crítico. Quando a duração do dia é superior ao fotoperíodo crítico, como as plantas não recebem estímulo para entrar em floração, permanecem no estágio vegetativo. Portanto, devido à diferença de temperaturas e fotoperíodos ao redor do planeta, torna-se fundamental a escolha da cultivar e da data de sementeira para se obterem bons índices de produtividade (RODRIGUES et al., 2001).

Como a sensibilidade da soja ao fotoperíodo é dependente do genótipo, isto restringe a adaptação de cultivares à diferentes regiões. Genótipos insensíveis ao fotoperíodo, podem ser semeados em diferentes épocas de sementeira e em diferentes latitudes (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Devido à sensibilidade ao fotoperíodo, a área de cultivo de cada cultivar de soja foi restrita a uma faixa muito estreita de latitudes para atingir grande produtividade (Cober e Morrison, 2010). Por sua importância socioeconômica, a soja é cultivada em uma ampla gama de latitudes (50 ° N-35 ° S) (MCBLAIN et al., 1987).

O efeito da temperatura no crescimento e desenvolvimento da soja varia em função do estágio de crescimento e pode ter efeitos secundários adversos no rendimento da cultura. Durante os estágios vegetativos (Vn), a temperatura ideal para o crescimento e desenvolvimento é 30°C (HESKETH, MYHRE, & WILLEY, 1973). Por outro lado, durante as fases reprodutivas (Rn), a temperatura ideal para a produção de sementes varia entre 22 e 24°C (HATFIELD, BOOTE, KIMBALL, ZISKA, & IZAURRALDE, 2011). Mesmo desvios modestos do ótimo durante os estágios Rn podem prejudicar o rendimento e a qualidade das sementes (OHNISHI et al., 2010). Baixas temperaturas, entre 15 e 10°C dia ou noite, entre 3 e 4 dias antes da antese, afetam o processo de reprodutivo, e, portanto, a formação das sementes, resultando em menor rendimento de sementes (OHNISHI et al., 2010). Da mesma forma, a alta temperatura diurna de 39°C ou a temperatura noturna acima de 29°C reduzem a germinação e a viabilidade do pólen, resultando em menor rendimento de sementes (DJANAGUIRAMAN, PRASAD, & SCHAPAUGH, 2013).

A floração (R1, R2 e R3) e o enchimento dos grãos (R5) são os períodos de maior necessidade de água da planta de soja, podendo chegar a 8mm de água por dia. Défices hídricos nestes estágios provocam grandes perdas de produtividade, pois isto acarreta redução na taxa fotossintética e diminuição na produção de biomassa. Estes fatores ocorrem principalmente devido ao encerramento estomático e enrolamento das folhas (RITCHIE et al., 1994).

As deficiências de nutrientes e toxicidades em plantas agrícolas envolvem uma rede de interações que podem causar absorção diferencial de outros nutrientes. Na produção de soja,

a fertilização excessiva de fósforo pode reduzir a colonização micorrízica, resultando em absorção reduzida de zinco e deficiência de zinco na planta; enquanto uma deficiência de boro reduz a translocação de cálcio, resultando em crescimento deficiente da planta (BRYAN, 2015).

## Operações culturais

A interação entre a cultura e os fatores ambientais determinam o crescimento e a produtividade da soja. Além os fatores ambientais que podem variar de extremamente adversos a condições ideais, práticas culturais adequadas são essenciais para atingir altas produtividades (GUBIANI, 2005). Dentre as medidas culturais para elevar a produtividade destacam-se: escolha da época ideal de sementeira, uso de genótipos adequados, manejo da população de plantas, fertilidade do solo, controle de pragas, controle doenças, controle de plantas infestantes e redução de perdas na colheita. Todas estas medidas contribuem para maximizar a acumulação de biomassa nos tecidos vegetais e principalmente no grão. (RITCHIE et al., 1994).

A época de sementeira está diretamente relacionada ao sucesso da cultura devido às mudanças ambientais como variação dos níveis de água, temperatura e radiação solar disponível para as plantas (BARBOSA et al., 2013; SUBEDI et al., 2007). A sementeira atrasada e / ou a época da estação tardia podem causar perdas significativas de 30-70% em comparação com o período de sementeira recomendado (BRACCINI et al., 2004; RODRIGUES et al., 2008; STÜLP et al., 2009).

Cox e os seus colaboradores (2012) descrevem que obtiveram um lucro de 30 dólares/ha com uma densidade de sementeira de 420.000 sementes/ha distribuídas em linhas distanciadas de 19 cm quando comparado com 321.000 sementes/ha em linhas distanciadas de 76 cm, devido ao aumento da produtividade que supera os custos de sementes (COX et al. 2012).

Um estudo relatou que a densidade de sementeiras ideal é semelhante, quando se compara rendimentos entre geometrias espaciais com entrelinhas estreitas e geometrias espaciais com entrelinhas largas e, portanto, nenhuma interação entre o espaçamento entrelinhas e o rendimento (KRATOCHVIL et al. 2004).

## Material e métodos

Os ensaios foram realizados na área experimental de Campus Agrário de Vairão de Universidade do Porto, localizado na freguesia de Fornelo e Vairão, (41°19'38.5" N, 8°40'33.3"W) no ano agrícola de 2019/2020. Segundo a classificação de Koppen, Vairão é caracterizado por apresentar clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb). A análise espacial baseada nas normas de 1961/90 refere que a temperatura média anual varia entre 14 e 15 °C e que a precipitação média anual varia entre 1200 e 1400 mm (IPMA, 2019). Os solos de Vairão são do tipo Cambissolos Húmicos (MONTEIRO, 2005).

Implementou-se um ensaio fatorial (2x3), com um delineamento em split-plot em blocos completamente casualizados, com 3 repetições (Fig. 2). A parcela principal diz respeito a distancia entre linhas (20 e 40 cm) e o subtalhão aos tratamentos [2 variedade (PR91M10 e P18A02; Anexo 1) x 3 densidade de plantas (312500, 416667, 500000 plantas/ha)]. Ambas as variedades tem hábito de crescimento indeterminado.

Cada subparcela era constituída por 4 linhas e cada linha media 2,5 metros de comprimento. As observações foram realizadas nas duas linhas centrais. Uma linha de bordadura foi semeada a toda a volta do ensaio.

		20 cm entre linhas												40 cm entre linhas													
		312 500 plantas/ha				416 667 plantas/ha				500 000 plantas/ha				312 500 plantas/ha				416 667 plantas/ha				500 000 plantas/ha					
		Linha B	Linha1	Linha2	Linha3	Linha4	Linha1	Linha2	Linha3	Linha4	Linha1	Linha2	Linha3	Linha4	Linha1	Linha2	Linha3	Linha4	Linha1	Linha2	Linha3	Linha4	Linha1	Linha2	Linha3	Linha4	Linha B
2,5 m	Entre plantas (cm)		16	16	16	16	12	12	12	12	10	10	10	10	8	8	8	8	6	6	6	6	5	5	5	5	
	No. de Plantas		16	16	16	16	21	21	21	21	25	25	25	25	32	32	32	32	42	42	42	42	50	50	50	50	
	Largura do Talhao (cm)		100				80				80				160				160				200				
	Largura de uma Densidade (m)		2,6												5,2												
	Largura de uma Repeticao (m)		7,8																								

Figura 2. Esquema do ensaio realizado no Campus de Vairão, ilustrando uma variedade de soja, com indicação das parcelas principais (20 e 40 cm entre plantas) e das 3 subparcelas (densidade de sementeira), com as respectivas distâncias entre plantas nas linhas e o número de plantas por por linha. Linha B=Bordadura.

As duas variedades PR91M10 e P18A02 apresentam crescimento indeterminado e ciclo DE cerca de 120 dias, o que permite uma colheita antecipada sem perder as características e qualidade do grão.

Previamente à sementeira, foi realizada uma gradagem do terreno. Após isso realizou-se uma limpeza manual, devido à presença de materiais (plásticos e mangueiras) oriundos de utilizações anteriores. Após a limpeza, para promover uniformidade no terreno, optou-se por uma passagem de fresa agrícola sobre o terreno com auxílio do trator.

Após preparação do terreno foram realizadas as marcações para a sementeira.

As sementes de soja foram previamente tratadas com inoculante, providenciado pela *Pioneer* e a sementeira foi realizada manualmente, no dia 14 de maio de 2020 (Fig. 3). O terreno apresentava grau de humidade próximo a capacidade de campo devido a precipitações em dias anteriores à sementeira.

Para assegurar total germinação e emergência das plantas no campo, no dia 15 de maio realizou-se sementeira em bandejas de alvéolos, dentro da estufa (Fig. 4).

No dia 26 de maio foi instalado o sistema de rega por gotejamento. Estas mangueiras foram instaladas de maneira uniforme para abranger todas as plantas de maneira igualitária. O sistema foi instalado de forma a que todas as plantas tivessem as suas necessidades hídricas garantidas.

Durante o ciclo de produção as plantas infestantes foram controladas manualmente, nos dias 2 de junho e 23 de junho. Foi realizado controle de infestantes no entorno do ensaio, com utilização de implementos mecânicos, nos dias 9 de junho, 29 de junho, 21 de julho e 25 de agosto.

Durante o crescimento da cultura foram realizadas observações semanais, em três plantas de cada talhão (36 talhões), de altura e estágio fenológico. Totalizando 108 plantas sob observação.



*Figura 4. Sementeira realizada no dia 14 de maio.*



*Figura 3. Bandeja de alvéolos com plantas da variedade 2 para substituir plantas que não obtiveram sucesso no campo.*

A Variedade 2 foi colhida a 10 de setembro de 2020 (119 dias depois da sementeira) e a Variedade 1 foi colhida no dia 16 de setembro de 2020 (125 dias depois da sementeira).

Realizou-se a colheita na linha central de cada talhão, tendo-se colhido as plantas em 1 metro linear. Na mesma linha central, realizaram-se registos em 4 plantas escolhidas aleatoriamente (Fig. 5), nomeadamente a altura da planta, o número de nós no caule principal e o número de vagens em cada nó, o número de ramificações e o número de vagens em cada ramificação. No laboratório realizaram-se pesagens das plantas e das vagens. Após a secagem, a 65°C durante 72 horas, determinou-se o conteúdo em matéria seca das plantas e das vagens.

Agruparam-se as vagens das três repetições de cada tratamento. Dessa mistura, formaram-se aleatoriamente 3 grupos de 5 vagens para registar o comprimento da vagem, peso da vagem, número de sementes por vagem, o peso de sementes por vagem e peso de mil grãos.

A determinação da produtividade (kg/ha) da soja foi realizada com base nas componentes de rendimento: número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de grãos por planta.



Figura 5. Plantas da variedade 2, submetidas ao tratamento 20cm x 16cm, colhidas no dia 10 de setembro.

O modelo do ensaio:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + R_k + (VR)_{ik} + \alpha_j + (aV)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

onde  $Y_{ijk}$  é a resposta observada da variável na  $i$ -ésima das variedades do  $j$ -ésima das densidades de sementeira localizado no  $k$ -ésimo dos blocos,  $\mu$  é a média geral,  $V_i$  é o efeito da variedade,  $R_k$  é o efeito da Repetição,  $(VR)_{ik}$  é o erro experimental da parcela principal,



$\alpha_j$  é o efeito da densidade de sementeira,  $(Va)_{ij}$  e o efeito de interação entre as variedades de soja e a densidade de sementeira e  $\epsilon_{ijk}$  é o erro experimental da subparcela.

Identificação da melhor combinação (densidade de sementeira x espaçamento entre fileiras x variedade). Através da análise de variância (ANOVA) encontrar diferença entre as variáveis independentes para cada uma das variáveis dependentes e posteriormente comparar as medias recorrendo ao teste de Duncan.



## Resultados

### Efeito da distância entre linhas

Os resultados relativos ao valor médio das plantas estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

### Altura das plantas de soja

Neste estudo as plantas atingiram uma altura média de  $70 \pm 2.3$  cm (Tabela 1). Em geral, as plantas semeadas a 20 cm entre linhas cresceram mais ( $p < 0,05$ )  $14,5$  cm ( $77,3 \pm 8.3$  cm) em relação aquelas semeadas a 40 cm ( $62,8 \pm 9,4$  cm).

### Número de nós no caule principal

O número de nós no caule principal apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as plantas semeadas com 20 cm entre linha e as plantas semeadas com 40 cm entre linha (Tabela 1). Plantas semeadas com 20 cm entre linha continham mais 1 no ( $10,3 \pm 2,2$  nós) no caule principal do que as plantas semeadas com 40 cm entre linha ( $9,4 \pm 1,7$  nós).

### Número de ramificações por planta

As plantas de soja continham, em média, 10 nós no caule principal e 2,4 ramificações. Não se encontraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no número de ramificações na distância entre linhas (Tabela 1).

*Tabela 1. Valores médios das plantas: Efeito da distância entre linhas na Altura da planta, no Número de nós no caule principal e no Número de ramificações por planta.*

Distancia entre linha	N	Altura planta (cm)	Nós no caule principal (nº)	Ramificações por planta (nº)
20 cm	72	$77,3 \pm 2,1^a$	$10,3 \pm 2,2^a$	$2,45 \pm 0,1^a$
40 cm	72	$62,8 \pm 2,3^b$	$9,4 \pm 1,7^b$	$2,35 \pm 0,1^a$
Média	144	$70 \pm 2,3$	$10 \pm 1,8$	$2 \pm 0,1$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

## Número de vagens

Em geral, cada planta produziu em média 37 vagens, 26 no caule principal e 11 nas ramificações (Tabela 2), tendo as plantas semeadas a distancia de 20cm entre linhas ( $40,9 \pm 10,3$ ) produzido mais ( $p < 0,05$ ) 7 vagens (das quais 5 no caule principal e 2 nas ramificações) do que as plantas semeadas a 40 cm entre linhas ( $33,7 \pm 9,4$ ).

*Tabela 2. Valores médios das plantas: Efeito da distância entre linhas no Número de vagens no caule principal, no Número de vagens nas ramificações e no Número de vagens por planta.*

Distancia entre linha	N	Vagens no caule principal (nº)	Vagens nas ramificações (nº)	Vagens por planta (nº)
20 cm	72	$29,1 \pm 5,4^a$	$11,9 \pm 6,8^a$	$40,9 \pm 10,3^a$
40 cm	72	$23,4 \pm 4,2^b$	$10,3 \pm 6,5^b$	$33,7 \pm 9,4^b$
Média	144	$26 \pm 4,3$	$11 \pm 6,5$	$37,3 \pm 9,2$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das vagens estão apresentados na tabela 3 e 4.

## Peso fresco das vagens

O valor médio do **peso fresco das vagens** por planta foi de 43g (Tabela 3). Em geral, as vagens das plantas semeadas a 20cm entre linhas ( $49,95 \pm 13,5$ ) pesaram mais ( $p < 0,05$ ) 13,7 g do que o das plantas semeadas a 40cm ( $36,25 \pm 11,4$ ).

## Matéria seca das vagens

O valor medio da **MS das vagens** foi de 70% (Tabela 3). A matéria seca das vagens das plantas semeadas a 40 cm entre linhas ( $75,1 \pm 10,7\%$ ) foi 9,8% superior ( $p < 0,05$ ) em relação as plantas semeadas a 20cm ( $65,25 \pm 6,3$ ).

Tabela 3. Valores médios das plantas: Efeito da distância entre linhas no Peso fresco da vagem e na Matéria seca das vagens.

Distancia entre linha	N	Peso fresco da vagem (g)	Matéria seca das vagens (%)
20 cm	72	$49,95 \pm 13,5^a$	$65,25 \pm 6,3^b$
40 cm	72	$36,25 \pm 11,4^b$	$75,1 \pm 10,7^a$
Média	144	$43 \pm 11,8$	$70 \pm 6,8$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

## Comprimento da vagem

Em geral cada vagem mediu  $3,8 \pm 0,05$ mm (Tabela 4). As vagens das plantas semeadas a 20cm entre linhas ( $3,9 \pm 0,05$ ) mediram mais 2 mm ( $p < 0,05$ ) do que o das plantas semeadas a 40cm ( $3,7 \pm 0,04$ ).

## Peso das vagens

Em geral, cada vagem pesou 0,520g (Tabela 4). As vagens das plantas semeadas a 20cm entre linhas ( $0,568 \pm 0,06$ ) pesaram mais 52 mg ( $p < 0,05$ ) do que o das plantas semeadas a 40cm ( $0,516 \pm 0,03$ ).

Tabela 4. Valores médios das vagens: Efeito da distância entre linhas no Comprimento das vagens e no Peso das vagens.

Distancia entre linha	N	Comprimento das vagens (cm)	Peso das vagens (g)
20 cm	90	$3,9 \pm 0,05^a$	$0,568 \pm 0,06^a$
40 cm	90	$3,7 \pm 0,04^b$	$0,516 \pm 0,03^b$
Média	180	$3,8 \pm 0,05$	$0,520 \pm 0,03$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das sementes estão apresentados na tabela 5.

### Número e Peso das sementes por vagem

O valor medio do **número de sementes por vagem** foi de 2,7 e do Peso das sementes por vagem foi de 0,393 g. Não se encontraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no Número e no Peso de sementes por vagem produzidas a 20 ou a 40 cm entre linhas (Tabela 5).

### Peso de mil grãos

O valor medio do **Peso de mil grãos (PMG)** foi de 113,4g (Tabela 5). O PMG das plantas semeadas a 20 cm entre linhas ( $114,9 \pm 1,5$ ) foi 3g superior ( $p < 0,05$ ) do que o das plantas semeadas a 40cm ( $111,8 \pm 1,2$ ).

*Tabela 5. Valores médios das sementes: Efeito da distância entre linhas no Número de sementes por vagem, no Peso das sementes por vagem, e no Peso de mil grãos.*

Distancia entre linha	N	Sementes por vagem (nº)	Peso das sementes por vagem (g)	Peso de mil grãos (g)
20 cm	90	$2,6 \pm 0,02^a$	$0,403 \pm 0,003^a$	$114,9 \pm 1,5^a$
40 cm	90	$2,7 \pm 0,03^a$	$0,382 \pm 0,002^a$	$111,8 \pm 1,2^b$
Média	180	$2,7 \pm 0,07$	$0,393 \pm 0,002$	$113,4 \pm 1,6$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio da produtividade estão apresentados na tabela 6.

### Índice de colheita (%)

O valor medio do **Índice de Colheita (IC)** foi de 58,5% (Tabela 6). Não se encontraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no IC das plantas das plantas semeadas a 20 ou a 40cm entre linhas.

## Rendimento da cultura

O valor medio do **Rendimento** foi de 2,63 t/ha (Tabela 6). As plantas semeadas a 20 cm entre linhas (2,95±0,8 t/ha) produziram mais ( $p<0,05$ ) 610kg/ha do que as plantas semeadas a 40cm (2,34±0,7 t/ha).

*Tabela 6. Efeito da distância entre linhas nos valores médios do Índice de colheita e do Rendimento.*

Distancia entre linha	N	Índice de colheita (%)	Rendimento (t/ha)
20 cm	18	58,8±2,6 <sup>a</sup>	2,95±0,8 <sup>a</sup>
40 cm	18	57,6±2,8 <sup>a</sup>	2,34±0,7 <sup>b</sup>
Média	36	58,5±2,4	2,63±0,78

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p<0,05$ ).

## Efeito da geometria espacial

Os resultados relativos ao valor médio das plantas estão apresentados nas tabelas 7 e 8.

### Altura da planta

Em relação a geometria espacial, as diferentes distancias entre as plantas na linha (312 500, 416 667 e 500 000) não influenciou significativamente ( $p>0,05$ ) o crescimento geral das plantas de soja (Tabela 7).

### Número de nós no caule principal

O caule principal das plantas de soja continha, em média, 10±1,8 nos. As plantas de soja semeadas a densidade correspondente a 312 500 (20cm x 16 cm e 40 cm x 8 cm) e 416 667 (20cm x 12 cm) produziram mais 1 no do que as plantas semeadas nos restantes tratamentos (Tabela 7).

## Número de ramificações por planta

As plantas de soja continham, em média,  $2 \pm 0,1$  ramificações. As plantas de soja semeadas a densidade correspondente a 312 500 (20cm x 16 cm e 40 cm x 8 cm) produziram mais 1 ramificação do que as plantas semeadas nos restantes tratamentos (Tabela 7).

*Tabela 7. Valores médios das plantas: Efeito da geometria espacial na Altura da planta, no Número de nós no caule principal e no Número de ramificações por planta.*

Geometria espacial (cm)	N	Altura planta (cm)	Nós no caule principal (nº)	Ramificações por planta (nº)
40 x 5	24	$62,5 \pm 8,7^b$	$8,9 \pm 1,3^c$	$2,1 \pm 1,2^{bc}$
40 x 6	24	$63,9 \pm 8,8^b$	$9,0 \pm 1,7^c$	$2,3 \pm 1,3^{bc}$
40 x 8	24	$62,0 \pm 6,7^b$	$10,1 \pm 2,3^{ab}$	$2,7 \pm 1,0^{ab}$
20 x 10	24	$77,0 \pm 2,2^a$	$9,9 \pm 1,8^{bc}$	$1,8 \pm 1,5^{bc}$
20 x 12	24	$77,5 \pm 4,8^a$	$10,5 \pm 1,4^{ab}$	$2,3 \pm 1,2^{bc}$
20 x 16	24	$77,4 \pm 6,8^a$	$11,0 \pm 2,7^a$	$3,3 \pm 1,4^a$
Média	144	$70 \pm 2,3$	$10 \pm 1,8$	$2 \pm 0,1$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

## Número de vagens no caule principal

O caule principal das plantas de soja produziu, em média,  $26 \pm 4,3$  vagens (Tabela 8). As plantas de soja semeadas a 20 cm entre linhas, independentemente da densidade, produziram maior ( $p < 0,05$ ) número de vagens (27 a 30 vagens) do que nos outros tratamentos (22 a 26 vagens).

## Número de vagens nas ramificações

As ramificações nas plantas de soja produziram, em média,  $11 \pm 6,5$  vagens (Tabela 8). As plantas de soja semeadas a densidade de 312 500 plantas/ha (20cm x 16 cm e 40 cm x 8 cm) produziram maior ( $p < 0,05$ ) número de vagens (14 a 16 vagens) do que nos outros tratamentos (7 a 11 vagens).

## Número de vagens por planta

As plantas de soja produziram no caule principal e nas ramificações, em media, 37±9,2 vagens (Tabela 8), tendo-se verificado um maior ( $p<0,05$ ) numero (40 a 47 vagens) nas plantas de soja semeadas a densidades de 312 500 (20cm x 16 cm e 40 cm x 8 cm) e 416 667 (20cm x 12 cm) do que nos outros tratamentos (29 a 35 vagens).

*Tabela 8. Valores médios das plantas: Efeito da geometria espacial no Número de vagens no caule principal, no Número de vagens nas ramificações e no Número de vagens por planta.*

Geometria espacial (cm)	N	Vagens no caule principal (n°)	Vagens nas ramificações (n°)	Vagens por planta (n°)
40 x 5	24	22,1±5,7 <sup>c</sup>	7,0±5,3 <sup>c</sup>	29,2±12,6 <sup>c</sup>
40 x 6	24	22,2±7,3 <sup>c</sup>	9,6±5,2 <sup>c</sup>	31,8±12,5 <sup>c</sup>
40 x 8	24	25,9±4,5 <sup>b</sup>	14,2±6,2 <sup>ab</sup>	40,0±12,0 <sup>b</sup>
20 x 10	24	27,6±6,8 <sup>ab</sup>	7,5±6,2 <sup>c</sup>	35,1±9,3 <sup>bc</sup>
20 x 12	24	29,4±5,2 <sup>ab</sup>	11,5±7,8 <sup>bc</sup>	40,8±10,6 <sup>ab</sup>
20 x 16	24	30,2±7,6 <sup>a</sup>	16,7±8,3 <sup>a</sup>	46,9±7,4 <sup>a</sup>
Média	144	26±4,3	11±6,5	37±9,2

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p<0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das vagens estão apresentados na tabela 9 e 10.

## Peso fresco das vagens

O valor médio do **Peso fresco das vagens** produzidas por planta foi de 43±11,8 g. (Tabela 9). As plantas de soja submetidas ao tratamento 20cm x 16cm (312 500 plantas/ha) produziram vagens mais ( $p<0,05$ ) pesadas (61,1±10,4g) do que as semeadas nos restantes tratamentos (30 a 46g).

## Matéria seca das vagens

O valor médio da matéria seca das vagens foi de  $70 \pm 6,8\%$  (Tabela 9), sendo este valor superior ( $p < 0,05$ ) nas plantas semeadas a distância de 40cm entre plantas (73 a 79%), independentemente da densidade, em comparação com as plantas semeadas a 20cm entre linhas (58 e 71%).

*Tabela 9. Valores médios das plantas: Efeito da geometria espacial no Peso fresco da vagem e na Matéria seca das vagens.*

Geometria espacial (cm)	N	Peso fresco da vagem (g)	Matéria seca das vagens (%)
40 x 5	24	$30,6 \pm 10,7^d$	$79,0 \pm 5,8^a$
40 x 6	24	$36,2 \pm 11,5^{cd}$	$73,9 \pm 9,7^{ab}$
40 x 8	24	$41,7 \pm 10,2^{bc}$	$72,6 \pm 8,9^b$
20 x 10	24	$42,6 \pm 12,3^{bc}$	$66,5 \pm 10,2^c$
20 x 12	24	$46,2 \pm 11,3^b$	$71,5 \pm 10,8^{bc}$
20 x 16	24	$61,1 \pm 10,4^a$	$57,7 \pm 6,7^d$
Média	144	$43 \pm 11,8$	$70 \pm 6,8$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das vagens estão apresentados na tabela 10.

## Comprimento das vagens

Em geral cada vagem mediu  $3,8 \pm 0,05$ mm (Tabela 10). As vagens das plantas semeadas a densidade de 416 667 plantas/ha (20cm x 12 cm) eram mais ( $p < 0,05$ ) longas ( $4,05 \pm 0,05$  mm) do que a das plantas semeadas nos restantes tratamentos (3,66 a 3,84 mm).



## Peso das vagens

Em geral cada vagem pesou  $0,52 \pm 0,03$  g (Tabela 10). As vagens das plantas semeadas a densidades de 312 500 plantas/ha (40cm x 8 cm) pesaram menos ( $p < 0,05$ ;  $0,456 \pm 0,02$  g) do que a das plantas semeadas nos restantes tratamentos.

*Tabela 10. Valores médios das vagens: Efeito da geometria espacial no Comprimento das vagens e no Peso das vagens.*

Geometria espacial (cm)	N	Comprimento das vagens (cm)	Peso das vagens (g)
40 x 5	30	$3,68 \pm 0,04^{cd}$	$0,597 \pm 0,07^a$
40 x 6	30	$3,66 \pm 0,03^d$	$0,493 \pm 0,03^{bc}$
40 x 8	30	$3,67 \pm 0,03^d$	$0,456 \pm 0,02^c$
20 x 10	30	$3,86 \pm 0,04^b$	$0,533 \pm 0,03^{ab}$
20 x 12	30	$4,05 \pm 0,05^a$	$0,577 \pm 0,04^a$
20 x 16	30	$3,84 \pm 0,04^{bc}$	$0,593 \pm 0,08^a$
Média	180	$3,8 \pm 0,05$	$0,52 \pm 0,03$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das sementes estão apresentados na tabela 7.

## Número de sementes por vagem

Cada vagem possuía, em média,  $2,7 \pm 0,07$  sementes (Tabela 11). A geometria espacial não teve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no número de sementes de cada vagem.

## Peso das sementes por vagem

Em geral o Peso das sementes em cada vagem foi de  $0,393 \pm 0,002$ g (Tabela 11). A geometria espacial não teve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no peso das sementes de cada vagem.

## Peso de mil grãos

O valor medio do **Peso de mil grãos** foi de  $113,4 \pm 1,6$  g (Tabela 11). As plantas de soja semeadas a densidades de 312 500 plantas/ha (20cm x 16cm e 40cm x 8cm) produziram maior ( $p < 0,05$ ) peso de mil grãos ( $127,0 \pm 1,3$  e  $122,2 \pm 1,4$  g, respectivamente) do que o das plantas semeadas a 416 667 plantas/ha (20cm x 12 cm e 40cm x 6cm;  $103,5 \pm 1,1$  e  $109,1 \pm 1,2$  g, respectivamente).

*Tabela 11. Valores médios das sementes: Efeito da geometria espacial no Número de sementes por vagem, no Peso das sementes por vagem, e no Peso de mil grãos.*

Geometria espacial (cm)	N	Sementes por vagem (n°)	Peso das sementes por vagem (g)	Peso de mil grãos (g)
40 x 5	30	$2,8 \pm 0,09^a$	$0,410 \pm 0,002^a$	$114,9 \pm 1,3^{ab}$
40 x 6	30	$2,63 \pm 0,05^b$	$0,342 \pm 0,001^a$	$109,1 \pm 1,2^b$
40 x 8	30	$2,73 \pm 0,04^{ab}$	$0,403 \pm 0,002^a$	$122,2 \pm 1,4^a$
20 x 10	30	$2,53 \pm 0,03^b$	$0,380 \pm 0,001^a$	$114,3 \pm 1,2^{ab}$
20 x 12	30	$2,7 \pm 0,05^{ab}$	$0,393 \pm 0,001^a$	$103,5 \pm 1,1^b$
20 x 16	30	$2,6 \pm 0,1^b$	$0,440 \pm 0,003^a$	$127,0 \pm 1,3^a$
Média	180	$2,7 \pm 0,07$	$0,393 \pm 0,002$	$113,4 \pm 1,6$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio da produtividade estão apresentados na tabela 12.

## Índice de colheita (%)

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no valor medio do Índice de colheita das plantas submetidas aos diferentes tratamentos (Tabela 12).

## Rendimento da cultura

O valor médio do Rendimento das plantas de soja, foi de  $2,63 \pm 0,78$  t/ha (Tabela 12). As plantas de soja submetidas ao tratamento 40 cm x 6 cm (312 500 plantas/ha) tiveram menor ( $p < 0,05$ ) rendimento ( $1,98$  t/ha) do que as plantas semeadas a 20cm entre linhas, independentemente da densidade ( $2,85$  a  $3,05$  t/ha).

*Tabela 12. Efeito da geometria espacial nos valores médios do Índice de colheita e do Rendimento.*

Geometria espacial (cm)	N	Índice de colheita (%)	Rendimento (t/ha)
40 x 5	6	$59,7 \pm 2,2^a$	$2,61 \pm 0,6^{ab}$
40 x 6	6	$59,2 \pm 3,1^a$	$1,98 \pm 0,5^b$
40 x 8	6	$60,8 \pm 2,8^a$	$2,38 \pm 0,2^{ab}$
20 x 10	6	$59,5 \pm 2,1^a$	$2,85 \pm 0,3^a$
20 x 12	6	$61,6 \pm 2,6^a$	$2,93 \pm 0,3^a$
20 x 16	6	$58,7 \pm 2,9^a$	$3,05 \pm 0,5^a$
Média	30	$58,5 \pm 2,4$	$2,63 \pm 0,78$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

## Efeito do genótipo

Os resultados relativos ao valor médio das plantas estão apresentados nas tabelas 13 e 14.

### Altura das plantas de soja

A altura media das plantas de soja foi de  $70 \pm 2,3$  cm (Tabela 13), tendo as plantas de soja da Variedade 2 ( $72,4 \pm 4,8$  cm) crescido, em média, mais  $2,9$  cm ( $p < 0,05$ ) do que a Variedade 1 ( $69,2 \pm 5,3$  cm).

### Número de nós no caule principal

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no número de nós nas plantas das duas variedades (Tabela 13).

## Número de ramificações por planta

Em relação ao número de ramificações por planta (Tabela 13), a Variedade 2 produziu, em média, mais ( $p < 0,05$ ) ramificações por planta ( $3 \pm 1,5$ ) do que a Variedade 1 ( $1,8 \pm 1,5$ ).

Tabela 13. Valores médios das plantas: Efeito do genótipo na Altura da planta, no Número de nós no caule principal e no Número de ramificações por planta.

Genótipos	N	Altura planta (cm)	Nós no caule principal (nº)	Ramificações por planta (nº)
Variedade 1	72	69,2±5,3 <sup>b</sup>	9,9±1,8 <sup>a</sup>	1,8±1,5 <sup>b</sup>
Variedade 2	72	72,4±4,8 <sup>a</sup>	9,8±1,8 <sup>a</sup>	3±1,5 <sup>a</sup>
Média		70±2,3	10±0,8	2±0,1

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

## Número de vagens no caule principal

Cada planta de soja produziu, em média,  $26 \pm 4,3$  vagens no caule principal (Tabela 14), tendo as plantas da Variedade 1 ( $27,8 \pm 6,3$ ) produzido mais 3 vagens ( $p < 0,05$ ) do que a Variedade 2 ( $24,65 \pm 4,3$ ).

## Número de vagens por ramificação

Cada planta de soja produziu, em média,  $11 \pm 6,5$  vagens nas ramificações (Tabela 14), tendo as plantas da Variedade 2 ( $12,7 \pm 5,8$ ) produzido mais 3 vagens ( $p < 0,05$ ) do que a Variedade 1 ( $9,4 \pm 5,3$ ).

## Número de vagens por planta

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no número de vagens produzidas nas plantas das duas variedades testadas (Tabela 14).

Tabela 14. Valores médios das plantas: Efeito do genótipo no Número de vagens no caule principal, no Número de vagens nas ramificações e no Número de vagens por planta.

Genótipos	N	Vagens no caule principal (nº)	Vagens nas ramificações (nº)	Vagens por planta (nº)
Variedade 1	72	27,8±6,3 <sup>a</sup>	9,4±5,3 <sup>b</sup>	37,3±9,2 <sup>a</sup>
Variedade 2	72	24,65±4,3 <sup>b</sup>	12,7±5,8 <sup>a</sup>	37,4±9,2 <sup>a</sup>
Média	144	26±4,3	11±6,5	37,3±9,2

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das vagens estão apresentados na tabela 15 e 16.

### Peso fresco das vagens

O Peso fresco das vagens produzidas, em média, por cada planta de soja foi de  $43 \pm 11,8$  g (Tabela 15), tendo este peso sido superior ( $p < 0,05$ ) nas plantas da Variedade 2 ( $44,4 \pm 12,3$ g) do que a Variedade 1 ( $41,8 \pm 10,2$  g).

### Matéria seca das vagens

A percentagem média de Matéria seca das vagens foi de  $70 \pm 6,8\%$  (Tabela 15), tendo sido superior ( $p < 0,05$ ) nas vagens da Variedade 1 ( $71,85 \pm 9,5\%$ ) do nas da Variedade 2 ( $68,5 \pm 6,8\%$ ).

*Tabela 15. Valores médios das plantas: Efeito do genótipo no Peso fresco da vagem e na Matéria seca das vagens.*

Genótipos	N	Peso fresco da vagem (g)	Matéria seca das vagens (%)
Variedade 1	72	$41,8 \pm 10,2^b$	$71,85 \pm 9,5^a$
Variedade 2	72	$44,4 \pm 12,3^a$	$68,5 \pm 6,8^b$
Média	144	$43 \pm 11,8$	$70 \pm 6,8$

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

### Comprimento das vagens

O Comprimento medio de cada vagem foi de  $3,8 \pm 0,05$  cm (Tabela 16), tendo este sido superior ( $p < 0,05$ ) nas plantas da Variedade 1 ( $3,93 \pm 0,04$ cm) do nas da Variedade 2 ( $3,66 \pm 0,03$ cm).

## Peso das vagens

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no Peso medio de cada vagem produzidas nas plantas das duas variedades testadas (Tabela 16).

*Tabela 16. Valores médios das vagens: Efeito do genótipo no Comprimento das vagens e no Peso das vagens.*

Genótipos	N	Comprimento das vagens (cm)	Peso das vagens (g)
Variedade 1	90	3,93±0,04 <sup>a</sup>	0,542±0,02 <sup>a</sup>
Variedade 2	90	3,66±0,03 <sup>b</sup>	0,544±0,03 <sup>a</sup>
Média	180	3,8±0,05	0,520±0,03

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor medio das sementes estão apresentados na tabela 17.

## Número de sementes por vagem

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no número de sementes por vagem produzidas nas plantas das duas variedades de soja testadas (Tabela 17).

## Peso das sementes por vagem

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no Peso de sementes por vagem produzidas nas plantas das duas variedades de soja testadas (Tabela 17).

## Peso de mil grãos

O valor médio do Peso de mil grãos de soja foi de 113,4±1,6g (Tabela 17), tendo este peso sido 10g superior ( $p < 0,05$ ) nas plantas da Variedade 1 (119,3±1,3g) do que a Variedade 2 (107,4±1,2g).

*Tabela 17. Valores médios das sementes: Efeito do genótipo no Número de sementes por vagem, no Peso das sementes por vagem, e no Peso de mil grãos.*

Genótipos	N	Sementes por vagem (n°)	Peso das sementes por vagem (g)	Peso de mil grãos (g)
Variedade 1	90	2,72±0,03 <sup>a</sup>	0,420±0,002 <sup>a</sup>	119,3±1,3 <sup>a</sup>
Variedade 2	90	2,61±0,04 <sup>a</sup>	0,370±0,001 <sup>a</sup>	107,4±1,2 <sup>b</sup>
Média	180	2,7±0,07	0,393±0,002	113,4±1,6

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

Os resultados relativos ao valor médio da produtividade estão apresentados na tabela 12.

### Índice de colheita (%)

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no Índice de Colheita nas plantas das duas variedades de soja testadas (Tabela 18).

### Rendimento da cultura

Não se encontraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) no Rendimento nas plantas das duas variedades de soja testadas (Tabela 18).

*Tabela 18. Efeito do genótipo nos valores médios do Índice de colheita e do Rendimento.*

Genótipos	N	Índice de colheita (%)	Rendimento (t/ha)
Variedade 1	18	60.3±2,5 <sup>a</sup>	2.66±0,6 <sup>a</sup>
Variedade 2	18	59.5±2,3 <sup>a</sup>	2.60±0,7 <sup>a</sup>
Média		58,5±2,4	2,63±0,78

Em cada coluna, as médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças significativas, ( $p < 0,05$ ).

## Discussão

O objetivo da dissertação foi avaliar o efeito de três densidades estabelecidas em seis geometrias espaciais, no rendimento de duas variedades de soja de hábito indeterminado.

Valores como: altura da planta, número de nós no caule principal, número de vagens no caule principal, número de vagens nas ramificações e número de vagens por planta foram significativamente ( $p < 0,05$ ) afetados pelos diferentes espaçamentos entrelinhas 20cm e 40cm, sendo o espaçamento de 20cm sempre com valores superiores nestas variáveis.

Em geral, as plantas de soja semeadas a distância de 20cm entrelinhas, cresceram mais 14,5 cm, produziram mais 7 vagens por planta (das quais 5 no caule principal e 2 nas ramificações) e produziram mais 13,7 g de vagens, comparando as plantas com distancia de 40cm entre linhas, particularmente, a densidades de 312 500 ou 416 666 plantas por hectare.

Para valores como: comprimento da vagem e peso fresco da vagem, também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), sendo o espaçamento de 20cm entre linhas com resultados superiores. Plantas semeadas com entre linhas de 20cm produziram vagens com mais 2mm de comprimento e mais 5,2 mg, particularmente, a densidades de 312 500 plantas por hectare.

Já para a variável percentual de matéria seca nas vagens houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), neste caso o espaçamento de 40 cm entre linhas apresentou valores superiores.

Na análise de sementes por vagem, peso de sementes por vagem e índice de colheita não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as duas disposições de distanciamento entre linhas.

A densidade de plantas e a distância entre linhas não influenciaram o número de sementes por vagem nem o peso das sementes por vagem nas plantas de soja, contudo quando semeadas a distância de 20cm entre linhas, atingiram um peso de mil grãos superior em 3g independentemente da densidade de plantas, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

A adoção de espaçamento estreito entre linhas e densidades de sementeira menores do que as recomendações de produção atuais podem ser usadas para reduzir os custos de produção e aumentar o rendimento e a lucratividade (BRUIN; PEDERSEN, 2008).

O aumento na população de plantas por área, reduz o número de vagens por planta, diminui o número de grãos por planta e promove maior altura final da planta (KNEBEL et al. 2006). O presente trabalho não constatou aumento da altura final da planta quando as plantas foram submetidas a maiores populações por área (Tab. 7). Em relação ao número de vagens, foi



constatado que com o aumento da densidade de sementeira, o número de vagens por planta diminuiu e conseqüentemente diminuiu o número de grãos por planta (Tab. 8).

Estudando o efeito do espaçamento entre linhas na produtividade da soja, Pires et al. (2000) verificaram que, com 0,20 m entre linhas, o potencial de produtividade da soja foi aproximadamente 10% superior, quando comparado ao espaçamento de 0,40 m.

Em geral, as plantas de soja semeadas a distância de 40cm entre linhas e a densidades de 416 666 ou 500 000 plantas por hectare, produziram vagens com mais 9,8% de matéria seca do que as plantas semeadas a distância de 20cm entre linhas.

As plantas da Variedade 1, mais tardia, produziram mais 3 vagens no caule principal, as vagens eram 27mm mais longas e tinham mais 3% de MS e o peso de mil grãos atingiu mais 12g do a Variedade 2.

As plantas da Variedade 2, mais precoce, cresceram mais 3,2 cm, continham mais 1 ramificação, e produziram número de vagens por planta praticamente iguais. As variedades produziram número de vagens por planta praticamente iguais.

Conforme Cox e Cherney (2012) que relataram que a soja plantada com distância entre linhas de 19 cm rendeu 7% a mais do que a soja plantada com distância entre linhas de 38 cm e 17% a mais do que a soja plantada com entre linhas de 76 cm. Em relação aos resultados e análises de estudos realizados anteriormente se confirma a tendência de maiores produtividades com a utilização de linhas mais estreitas.

Durante o ensaio foi perceptível o melhor estabelecimento das plantas na disposição com espaçamento de 20 cm entre linhas, devido a uma maior competitividade com plantas infestantes. Foi constatado um sombreamento mais efetivo da entre linha. Além disso as plantas dispunham de uma área mais adequada para se desenvolver, não estando tão próximas dentro da linha e conseqüentemente diminuindo a competição intraespecífica.

## Conclusão

A produção mundial continua a ser produzida com geometrias espaciais com larga entrelinha (50-80 cm). Os resultados desde estudo indicam que a soja plantada com entrelinha mais estreita (20cm) apresentaram maior potencial de rendimento quando comparadas com a soja plantada em entrelinha mais larga (40cm).

Apesar da densidade de plantas e da distância entre linhas não ter influenciado o índice de colheita, as plantas de soja semeadas a distância de 20cm entre linhas, produziram mais 610kg/ha (26% superior), independentemente da densidade de plantas.

A geometria espacial que apresentou maior rendimento foi a (20cm x 16cm) com a menor densidade de sementeira (312 500 plantas por hectare), com média de 3,05 toneladas por hectare. Nesta disposição cada planta dispõe de 0,032m<sup>2</sup>. Embora tenha-se encontrando estes resultados neste trabalho, deve-se notar que as escolhas de manejo para os produtores são influenciadas por uma série de fatores.

Além do potencial de rendimento, os produtores levam em consideração custos dos equipamentos para alteração dos espaçamentos de sementeira, problemas com doenças associadas a entrelinhas estreitas, custos com sementes entre outros fatores. No entanto, economicamente, é importante semear soja em entrelinhas estreitas, visto o resultado do presente trabalho além de muitos outros demonstrarem que a soja tem maior potencial de rendimento em geometrias espaciais com entrelinhas mais estreitas.

## Referências Bibliográficas

- AGGARWAL, N.; RAM, H.; SINGH, G. Heat utilization, irrigation efficiency and productivity of soybean (*Glycine max* L. Merrill) as influenced by sowing dates, sowing methods and seeding rates. *Progress. Res.* 2014, 9, 16–21.
- ANDRADE FH, CALVINO P, CIRILO A, BARBIERI P. Yield responses to narrow rows depends on increased radiation interception. *Agronomy Journal.* 2002; 94:975-980.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.
- BARBOSA, M. C.; LUCCA, A. de; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; PICCININ, G. G.; ZUCARELLI, C. Desempenho agrônômico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito caiué. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013.
- BELLALOU, N.; BRUNS, H.A.; ABBAS, H.K.; MENGISTU, A.; FISHER, D.K.; REDDY, K.N. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under US Mississippi delta conditions. *PLoS ONE* 2015, 10, e0129913.
- BENNETT JO, KRISHNAN AH, WIEBOLD WJ, KRISHNAN HB (2003) Positional effect on protein and oil content and composition of soybeans. *J Agric Food Chem* 51(23):6882–6886
- BERTRAND, Jean Pierre; LAURENT, Catherine; LECLERCQ, Vincent. *O mundo da Soja*. Ed. HUCITEC- Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.
- BRACCINI, A. de L. e; MOTTA, I. de S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. do C. L.; ÁVILA, M. R.; MESCHÉDE, D. K. Características agrônômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. *Bragantia*, Campinas, v. 63, n. 1, p. 81-92, 2004.
- BRANQUINHO, R. G.; DUARTE, J. B.; SOUZA, P. I. M. de; SILVA NETO, S. P. da; PACHECO, R. M. Estratificação ambiental e otimização de rede de ensaios de genótipos de soja no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 49, n. 10, p. 783-795, 2014.
- BRUIN, J. L.; PEDERSEN, P. Effect of Row Spacing and Seeding Rate on Soybean Yield. *Agronomy Journal*, Volume 100, Issue 3 (may, 2008).

BRYAN G. H. 14 May 2015, Phosphorus from: Handbook of Plant Nutrition CRC Press.

Accessed on: 12 Jun 2020.

<https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.1201/b18458-6>

CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 6, p. 987-993, 2006.

CASA A, OVANDO G, BRESSANINI L, MARTÍNEZ J, DÍAZ G & MIRANDA C. 2018. Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. J Photog Rem Sens 146: 531-547.

CHEN, K., ERH, M., SU, N. *et al.* Soyfoods and soybean products: from traditional use to modern applications. *Appl Microbiol Biotechnol* 96, 9–22 (2012).  
<https://doi.org/10.1007/s00253-012-4330-7>

COBER, E. R., and MORRISON, M. J. (2010). Regulation of seed yield and agronomic characters by photoperiod sensitivity and growth habit genes in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 120, 1005–1012. doi: 10.3923/pjbs.2014.92.97

CORASSA, G. M.; AMADO, T.J.C.; STRIEDER, M, L.; SCHWALBERT, R.; PIRES, J. L. F.; CARTER, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Optimum Soybean Seeding Rates by Yield Environment in Southern Brazil. *Agronomy Journal*, Volume 110, Issue 6 (october, 2018).

CRAIG WJ (2009) Health effects of vegan diets. *Am J Clin Nutr* 89 (5):1627 S–1633 S  
Deckelbaum RJ, Torrejon C (2012) The omega-3 fatty acid nutritional landscape: health benefits and sources. *J Nutr* 142(3):587S–591S

COX WJ, CHERNEY JH. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rates. *Agronomy Journal*. 2011;103:123-128. DOI: 10.2134/agronj2010.0316.

COX WJ, ORLOWSKI J, DITOMMASO A, KNOBLAUCH W. Planting soybean with a grain drill inconsistently increases yield and profit. *Agronomy Journal*. 2012;104: 1065-1073.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. 514 p.

DJANAGUIRAMAN, M., PRASAD, P. P. V., & SCHAPAUGH, W. T. (2013). [Glycine max (L.) Merr.] High day or nighttime temperature alters leaf assimilation, reproductive success, and phosphatidic acid of pollen grain in soybean. *Crop Science*, 53, 1594–1604.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2012.07.0441>

- DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p.
- DUNCAN, W.G. 1986. Planting patterns and soybean yields. Crop Sci. 26:584–588. doi:10.2135/cropsci1986.0011183X002600030033x
- DWYER JT, Goldin BR, Saul N, Gualtieric L, Barakatc S, Adlercreutz H (1994) Tofu and soy drinks contain phytoestrogens. J Am DietAssoc 94(7):739–743
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da Soja. Londrina: *Embrapa Soja*. 2017. (Circular Técnica 48, Embrapa Soja)
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology, p. 11, 1977. (Special Report, 80)
- FERREIRA, A.S., A. ANTONIO, B. Junior, F. WERNER, C. ZUCARELI, J.C. FRANCHINI, and H. DEBIASI. 2016. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. *Bragantia* 75:362–370. doi:10.1590/1678-4499.479
- GASPAR, A. P., & CONLEY, S. P. (2015). Responses of canopy reflectance, light interception, and soybean seed yield to replanting suboptimal stands. *Crop Science*, 55, 277–385. <http://doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0200>
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). *Genotype-by-environment interaction*. New York: CRC Press, 1996. 416 p.
- FOLEY, J. A. et al., Solutions for a cultivated planet, *Nature* 478 (2011) 337–342, <https://doi.org/10.1038/nature10452> <https://doi.org/>.
- GODFRAY, H. C. J. et al., Food security: the challenge of feeding 9 billion people, *Science* 327 (2010) 812–818, <https://doi.org/10.1126/science.1185383>.
- GUBIANI, E. I. *Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de semeadura e arranjo de plantas*. 2005. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.
- EL-SHENAWY NS, Abu Zaid A, Amin GA (2012) Preparation of different types of miso with mixture of starters and their effects on endogenous antioxidant of liver and kidney of mice. *J AnimPhysiol Anim Nutr* 96(1):102–110
- ELWAKEEL EA, TITGEMEYER EC, CHENG ZJ, NOUR AM, NASSER MEA (2012) In vitro assessment of the nutritive value of expanded soybean meal for dairy cattle. *J Anim Sci Biotechnol* 3(10)

- HAMMOND EG, JOHNSON LA, SU C, WANG T, WHITE PJ (2005) Soybean oil. Bailey's industrial oil and fat products, 6th edn. Wiley, Iowa, pp 577–652
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. 2006. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L Merr.) in South America. p. 43-93. In: Singh, R.P.; Shankar, N.; Jaiwal, P.K., eds. Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity. Studium Press, Houston, TX, USA.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; GRAHAM, P.H. 2005. THE IMPORTANCE OF nitrogen fixation to soybean cropping in South America. p. 25-42. In: Werner, W.; Newton, W.E., eds. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- HATFIELD, J. L., BOOTE, K. J., KIMBALL, B. A., ZISKA, L. H., & IZAURRALDE, R. C. (2011). Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103, 351–370. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0303>
- HENKEL, J. (2000) Soy: health claims for soy protein, questions about other components. *FDA Consumer Magazine* 34(3)
- HESKETH, J. D., MYHRE, D. L., & WILLEY, C. R. (1973). Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop Science*, 13, 250–254. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183x001300020030x>
- KASCHUK, G.; YIN, X.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P.A.; GILLER, K.E.; KUYPER, T.W. 2012. Photosynthetic adaptation of soybean due to varying effectiveness of N<sub>2</sub> fixation by two distinct *Bradyrhizobium japonicum* strains. *Environmental and Experimental Botany* 76: 1-6.
- KEY TJ, APPLEBY PN, ROSELL MS (2006) Health effects of vegetarian and vegan diets. *Proc Nutr Soc* 65(1):35–41
- KIM S, DALE BE (2009) Regional variations in greenhouse gas emissions of biobased products in the United States—corn-based ethanol and soybean oil. *Int J Life Cycle Ass* 14(6):540–546
- KNEBEL JL, GUIMARÃES VF, ANDREOTTI M & STANGARLIN JR. 2006. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. *Acta Scient Agron* 28: 385-392.

- KRATOCHVIL RJ, PEARCE JT, HARRISON MR Jr. Row-spacing and seeding rate effects on glyphosate-resistant soybean for mid-Atlantic production systems. *Agronomy Journal*. 2004;96:1029-1038. DOI: 10.2134/agronj2004.1029.
- LI L, SUN J H, ZHANG F S, LI X L, YANG S C, RENGEL Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping. I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field Crops Research*, 71, 123–137
- LIU DM, LI L, YANG XQ, LIANG SZ, WANG JS (2006) Survivability of *Lactobacillus rhamnosus* during the preparation of soy cheese. *Food Technol Biotechnol* 44(3):417–422
- LIU X, RAHMAN T, YANG F, SONG C, YONG T W, LIU J, ZHANG C Y, YANG W Y. 2017. PAR interception and utilization in different maize and soybean intercropping patterns. *PLoS ONE*, 12, e0169218
- LOWENBERG-DEBOER, J. 1999. Economics of variable rate planting for corn. In: P.C. Robert, R.H. Rust, and W.E. Larson, editors, *Precision agriculture*. ASA, CSA, and SSSA, Madison, WI. p. 1643–1651.
- LUCHIARI JUNIOR A, BORGHI E, AVANZI JC, FREITAS AA, BORTOLON L, BORTOLON ESO, UMMUS ME & INAMASU RY. 2011. Zonas de Manejo: teoria e prática. In: Bernardi ACC, Resende AV, Bassoi LH, Naime JM and Inamassu RY, *Agricultura de precisão: Um novo olhar*. São Carlos: Embrapa Instrumentação, São Carlos, BRASIL, P. 60-64.
- MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; KIKUTI, H. Nitrogênio: a soja aduba a lavoura da cana. *O Agrônomo*. Campinas, v. 1, n. 57, 2005.
- MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônomo de cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.
- MONTEIRO, A., 2005. ATLAS AGROCLIMATOLÓGICO DO ENTRE DOURO E MINHO – Projecto~POCTI/GEO/14260/1998. [Online] Available at: <http://www.cost734.eu/reports-and-presentations/atlas-agroclimatologico> do Entre-douro-e-minho [Acedido em 26 de janeiro de 2020].
- MOREIRA, R. M. D. Avaliação da produção e utilização da soja nas condições de produção da região de Entre Douro e Minho. 2017. Dissertação (Mestrado em engenharia agrônomo) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

- MÜLLER, L. Taxonomia e morfologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil. 1 ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 65-104, 1981.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. SOJA: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, p. 31, 2005.
- NGWIRA A R, AUNE J B, MKWINDA S. 2012. On-farm evaluation of yield and economic benefit of short term maize legume intercropping systems under conservation agriculture in Malawi. *Field Crops Research*, 132, 149–157.
- OHNISHI, S., MIYOSHI, T., & SHIRAI, S. (2010). Low temperature stress at different flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean. *Environmental and Experimental Botany*, 69, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.02.007>
- PIRES, J. L. Efeito da redução do espaçamento entre linhas 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. 2000. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.8, p.1541-1547.
- RAHMAN, M.M., M.M. HOSSAIN, M.P. ANWAR, and A.S. JURAIMI. 2011. Plant density influence on yield and nutritional quality of soybean seed. *Asian J. Plant Sci.* 10:125–132. doi:10.3923/ajps.2011.125.132
- RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, 2003.
- CLAY, D. E.; CARLSON, C. G.; CLAY, S.A.; WAGNER, L.; DENEKE, D.L.; HAY, C.H.;
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. Como a planta de soja se desenvolve. Piracicaba: POTAFÓS, p. 20, 1994.
- RIVAS M, GARAY RP, ESCANERO JF, CIA PJ, CIA P, ALDA JO (2002) Soy milk lowers blood pressure in men and women with mild to moderate essential hypertension. *J Nutr* 132(7):1900–1902



- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do floracao da soja à temperatura e ao fotoperíodo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.
- RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; COSTENARO, E. R.; AVOZANI, A. Rendimento de grãos de soja em semeadura tardia. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2008. 26 p. (EMBRAPA Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 66).
- SCHINGOETHE DJ (1996) Balancing the amino acid needs of the dairy cow. *Anim Feed Sci Tech* 60(3-4):153-160
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. Botânica, descrição da planta e cruzamentos artificial. In: *Cultura da Soja – I parte*. Viçosa: UFV, p. 5-6, 1985.
- SIQUEIRA PF, KARP SG, CARVALHO JC, STURM W, RODRÍGUEZ-LEÓN JA, THOLOZAN JL, SINGHANIA RR, PANDEY A, SOCCOL CR (2008) Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae* at laboratory, pilot and industrial scales. *Bioresource Technol* 99(17):8156-8163
- SHESTAKOVA, N.; GORDEYEVA, Y.; KOLESNIKOVA, L.; ZHIRNOVA, I. Sowing standards and methods. Their effect on tanais and lanceolate leaflet soybean varieties performance in the dry steppe Sowing standards and methods. Their effect on tanais and lanceolate leaflet soybean varieties performance in the dry steppe zone of the North Kazakhstan. *EurAsian J. Biosci.* **2017**, 11, 22-26.
- STÜLP, M.; BRACCINI, A. L. de; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I. Desempenho agrônômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1240-1248, 2009.
- SU NW, WANG ML, KWOK KF, LEE MH (2005) Effects of temperature and sodium chloride concentration on the activities of proteases and amylases in soy sauce koji. *J Agric Food Chem* 53:1521-1525
- SU YC (1999) Traditional fermented food in taiwan: proceedings of the oriental fermented foods. *Appl Microbiol* 1:15
- SUBEDI, K. D.; MA, B.-L.; XUE, A. G. Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Science*, Madison, v. 47, n. 1, p. 36-47, 2007.

Sustainability Fact Sheet, National Biodiesel Board (2008)

<http://biodiesel.Org/resources/sustainability/pdfs/sustainabilityfactsheet.Pdf>

THOMPSON, N.M., J.A. LARSON, D.M. LAMBERT, R.K. ROBERTS, A. MENGISTU, N. BELLALOU, and E.R. WALKER. 2015. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. *Agron. J.* 107:979–989. doi:10.2134/agronj14.0453

TRINDADE CS, TERZI SC, TRUGO LC, DELLA MODESTA RC, COURI S (2001) Development and sensory evaluation of soy milk based yogurt. *Arch Latinoam Nutr* 51(1):100–104

VERNETTI, F. J.; JUNIOR, F. J. V. Genética da soja: caracteres quantitativos e diversidade genética. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 221, 2009.

YAMABE S, KOBAYASHI-HATTORI K, KANEKO K, ENDO H, TAKITA T (2007) Effect of soybean varieties on the content and composition of isoflavone in rice-koji miso. *Food Chem* 100(1):369–374

YANG F, LIAO D P, WU X L, GAO R C, FAN Y F, RAZA M A, WANG X C, YONG T W, LIU W G, LIU J. 2017. Effect of aboveground and belowground interactions on the intercrop yields in maize-soybean relay intercropping systems. *Field Crops Research*, 203, 16–23

YEH HY, SU NW, LEE MH (2005) Chemical compositions and physicochemical properties of the fiber-rich materials prepared from shoyu mash residue. *J Agric Food Chem* 53:4361–4366