

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**BALANÇO ECONÔMICO DA OPERAÇÃO DE SEMEADURA DA
CULTURA DA SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS**

LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**BALANÇO ECONÔMICO DA OPERAÇÃO DE SEMEADURA DA
CULTURA DA SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS**

LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

T231b Tavares, Leandro Augusto Felix, 1986-
Balanço econômico da operação de semeadura da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais / Leandro Augusto Felix Tavares. - Botucatu : [s.n.], 2015
x, 72 f. : fots. color.; tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Sérgio Hugo Benez
Coorientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Soja - Semeadura - Custo operacional. 2. Viabilidade econômica. 3. Semeadeira (Implemento agrícola). 4. Mecanização agrícola. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Silva, Paulo Roberto Arbex. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


**TÍTULO: BALANÇO ECONÔMICO DA OPERAÇÃO DE SEMEADURA DA CULTURA DA SOJA
EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS**

AUTOR: LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO HUGO BENEZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. LUIZ MALCOLM MANO DE MELLO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES
Cerat / Unesp - Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho"


Profa. Dra. DENISE MAHL
Departamento de Engenharia Agrícola / Universidade Estadual de Maringá

Data da realização: 14 de dezembro de 2015.

Aos meus pais,
Leomar Tavares e Isabel
Cristina Félix da Silva
pelo exemplo de vida,
me ensinando a honestidade e
humildade que levarei
comigo para sempre.

AGRADEÇO

A minha Avó
Oneide Felix
(In Memoriam)

DEDICO

A minha esposa Vanessa da Silva Felix Tavares,
aos meus amigos
Tiago Pereira Correia, Saulo
Fernando Gomes de Souza, Vinicius Paludo
e minha irmã Stefanne Danielle Felix Tavares

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois ele é o senhor de todas as coisas.

Ao professor Dr. Sérgio Hugo Benez pela oportunidade concedida, pela orientação e ensinamentos.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Arbex Silva por sua amizade, compreensão e por aceitar o trabalho de co-orientação.

Ao professor Dr. Adalfredo Rocha Lobo pela ajuda na realização da análise estatística dos dados.

Ao coordenador do programa de pós-graduação em Energia na Agricultura Adriano Wagner Balarin pela oportunidade oferecida.

À todos os professores do Departamento de Engenharia Rural que de alguma forma contribuíram para melhorar este trabalho e minha formação acadêmica.

Ao supervisor do setor de produção vegetal da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção, Mario de Oliveira Munhoz pelo auxílio na disponibilização de máquinas e equipamentos durante a execução do trabalho no campo.

Aos demais funcionários da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção: Carlos Humberto Barbosa, Aparecido Bessa Ramon, Flavio César Galhardo, Milton Prudente, Acássio Tavares Filho, Jesus Frade Pontes, Pedro Damasceno Alho, Clóvis Aparecido Pires, Ademir Pereira, Josias Florêncio, José Baptista da Silva, Anselmo Ribeiro, Elisabete Martins de Almeida, Luciano Alves, Dirceu Ferreira de Jesus e Antônio Rodrigues pela colaboração na realização do trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural Dejair Martiniano Ribeiro, Rita de Cássia Miranda Gomes, Gisele Aparecida Lúcio, Maury Torres da Silva, Silvio Sabatini Simonetti Scolastici, Ailton de Lima Lucas e Gilberto Winckler pela ajuda prestada durante o curso.

À todas as funcionárias da seção de Pós-Graduação pela atenção e orientação em todos os atendimentos durante o curso.

Aos demais colegas de pós-graduação Alisson Augusto Barbieri Mota, Rodolfo Glauber Checheto, Gabriel Albuquerque Lyra, Magno Antônio Penariol, Felipe Carlos Sperotto, Fabrício Campos Masiero, Givaldo Dantas, Lucas Holanda e Marina Mouzinho Carvalho.

Aos membros do Grupo de Plantio Direto da Faculdade de Ciências Agronômicas.

O Senhor está comigo; não temerei o que me pode fazer o homem.

Salmos 118:6

Porque para Deus não há impossíveis em todas suas promessas

Lucas 1:37

Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram, nem jamais penetrou em coração humano o que Deus tem preparado para aqueles que o amam.

Coríntios 2.9

SUMÁRIO

1	RESUMO	1
2	SUMMARY	3
3	INTRODUÇÃO	5
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1	Características da cultura da soja.....	8
4.2	Sistemas de semeadura da cultura da soja	11
4.3	Danos mecânicos em sementes.....	16
4.4	Balanco econômico na agricultura.....	19
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	Local e instalação do experimento.....	24
5.2	Descrição dos tratamentos	24
5.3	Delineamento experimental e análise dos dados	26
5.4	Características do solo e condições climáticas	26
5.5	Fertilizantes e Agroquímicos	27
5.6	Semeadura da cultura da soja.....	28
5.7	Equipamentos agrícolas	29
5.8	Teste verde rápido.....	29
5.9	Características agronômicas da soja	30

5.9.1	Determinação da produtividade	30
5.9.2	Determinação da população final de plantas.....	30
5.9.3	Determinação do teor de água dos grãos.....	31
5.9.4	Determinação da massa de 1000 grãos	31
5.9.5	Determinação da altura de plantas e inserção de primeira vagem	31
5.10	Teste de germinação	31
5.11	Determinação do consumo de combustível do trator.....	32
5.12	Sistema eletrônico de aquisição de dados	32
5.13	Consumo horário de combustível	33
5.14	Capacidade de campo efetiva.....	34
5.15	Consumo operacional de combustível	34
5.16	Custo operacional	35
5.16.1	Juros.....	35
5.16.2	Depreciação	36
5.16.3	Alojamento	37
5.16.4	Seguros	37
5.16.5	Mão-de-obra	38
5.16.6	Combustível.....	38
5.16.7	Manutenção	39
5.16.8	Lubrificantes e graxas.....	40
5.16.9	Custo horário e custo operacional.	40
5.16.10	Custo com insumos agrícolas	41
5.17	Rentabilidade e relação custo/benefício.....	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
6.1	Características Agronômicas da Soja.....	54
6.2	Balanço Econômico.....	63
7	CONCLUSÕES.....	68
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
9	APÊNDICES.....	82

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Croqui do experimento.	36
Figura 2: Vista parcial da área experimental (A: Espaçamento convencional; B: Espaçamento cruzado; C: Espaçamento linha dupla; D: Espaçamento adensado).....	39
Figura 3: Instalação do fluxômetro utilizado no experimento para determinação do consumo de combustível do trator.....	43
Figura 4: Sistema eletrônico de aquisição de dados instalado na cabine do trator.....	44

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise granulométrica antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.....	37
Tabela 2. Valor de aquisição, vida útil e horas utilizadas por ano das máquinas, conforme ASABE (2006) e ASABE (2011).....	47
Tabela 3. Fator de reparo das máquinas, conforme ASABE (2011)..	50
Tabela 4. Dosagem, custo de aquisição dos insumos e valor utilizado por hectare.....	52
Tabela 5. Efeito dos diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja para a característica diâmetro de haste (mm).....	55
Tabela 6. Efeito dos diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja para a característica altura de plantas.....	56
Tabela 7. Efeito dos diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja para a característica altura de inserção de primeira vagem.....	57
Tabela 8. Interação entre os sistemas de semeadura e as diferentes semeadoras para a característica estande final de plantas da cultura de soja.....	59
Tabela 9. . Efeito principal dos diferentes tipos de semeadora para as características número de vagens por planta, produtividade, dano mecânico e germinação da cultura de soja.....	60
Tabela 10. Efeito principal dos sistemas de semeadura da cultura da soja nas avaliações de produtividade e peso de 1.000 grãos.....	62
Tabela 11. Capacidade de campo efetiva (CCE), custo horário (Ch), custo operacional (CO), custo com insumos (Ci) e custo total da semeadura de soja.....	64
Tabela 12. Relação benefício/custo dos diferentes arranjos de semeadura.....	66

1 RESUMO

Na busca pelo maior retorno financeiro para os produtores rurais, pesquisadores têm estudado diferentes métodos de produção, dentre os quais está a redução do espaçamento entre fileiras no momento da semeadura. Contudo é necessário a realização de balanço econômico para saber se é viável para os produtores a inclusão dessas novas técnicas de semeadura. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de semeadura na cultura da soja semeada com semeadora-adubadora de precisão e de fluxo contínuo, bem como o seu balanço econômico. O experimento foi conduzido na área experimental das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrônomicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Botucatu. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de arranjo fatorial 4x2, sendo 4 sistemas de semeadura [sistema de semeadura convencional (testemunha), sistema de semeadura cruzada, sistema de semeadura adensado e sistema de semeadura em fileira dupla] e 2 tipos de semeadora [Semeadora-adubadora de precisão e de fluxo contínuo], com quatro repetições. As características agrônomicas avaliadas foram: altura de plantas e inserção de vagens, determinação da população final de plantas, determinação do teor de água dos grãos, determinação da massa de 1.000 grãos e determinação da produtividade. Foi avaliado também o dano mecânico em sementes por meio das análises de teste de verde rápido e teste de germinação. O balanço econômico foi realizado utilizando a metodologia de custo operacional das máquinas agrícolas descritas por MIALHE (1974) e

ASABE (2006). Depois de realizada a análise de variância foi verificada diferença estatística para as todas as características agronômicas avaliadas no experimento. Verifica-se que houve diferença estatística em todas as características agronômicas avaliadas no experimento, constata-se também principal dos tipos de semeadora para as características produtividade e dano mecânico da cultura de soja, dessa forma observou-se que a semeadora de fluxo contínuo causou maior dano mecânico a semente do que a semeadora de precisão, logo também houve diferença estatística na produtividade da cultura da soja, em que quando a semeadura foi realizada com a semeadora de precisão a produtividade foi mais elevada. Avaliando os espaçamentos utilizados no estudo foi constatado que o espaçamento em fileira dupla obteve maior produção, diferindo estatisticamente dos demais arranjos de semeadura. Em relação ao custo total de produção observou-se que os arranjos de semeadura mais onerosos são os que é necessário realizar duas passadas na mesma área, são estes, sistema de plantio cruzado com as semeadoras de precisão e fluxo contínuo, sistema semeadura adensado com a semeadora de precisão. Na relação benefício/custo dos sistemas ficou constatado que o melhor arranjo de semeadura é o fileira dupla quando a operação foi realizada com a semeadora de precisão.

ECONOMIC BALANCE OF SEEDING OPERATION OF CULTURE OF SOYBEAN IN DIFFERENT SPATIAL DISPOSITIONS. Botucatu, 2015.

Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES

Advisor: SÉRGIO HUGO BENEZ

Co-Advisor: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

2 SUMMARY

In an attempt to increase the financial return to farmers, researchers have studied different production methods such as the reduction of the spacing between rows during the sowing. However, a study of the economic balance is needed to know whether the use of this method at sowing is feasible for farmers. Therefore, the objective of this work was to evaluate the soybean crop as to the effect of different sowing systems using a precision and continuous flow seeder and as well as to evaluate the feasibility of these systems. The experiment was conducted in an experimental area from Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) at Faculdade de Ciências Agrônomicas from Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu campus. A randomized complete block design in a 4 [conventional seeding system (control), cross-seeding system, dense seeding system and seeding system in double row] x 2 (kind of seeder and fertilizer drill: precise and continuous flow) factorial arrangement with four repetitions in each treatment was used. The agricultural characteristics evaluated were plant height, string bean insertion, total plants counting, determination of water content in grains, determination of mass in 1,000 grains, and determination of productivity. The mechanical damage was also evaluated in seeds by the analyses of fast green test and germination test. Economic balance was found using the operating cost methodology of agricultural machines described by MIALHE (1974) and ASABE (2006). After conducted analysis of variance was verified statistical difference for all agronomic traits in the experiment. It is found that there were statistically significant differences in all agronomic

traits in the experiment also is observed main types of seeder for the characteristics productivity and mechanical damage of soybean thus noted that the streaming seeder caused higher mechanical damage the seed of the sower of precision, so also was no statistical difference in the soybean yield, in that when the seeding was done with the precision seeder productivity was higher. Evaluating the spacing used in the study it was found that the spacing in double row obtained the highest production, differing from the other seeding arrangements. In relation to the total cost of production it was observed that the most costly seeding arrangements are that you must perform two passes in the same area, are these, crossed planting system with precision sowing machines, continuous flow, dense planting system with precision seeder. The benefit / cost of the systems it was found that the best seeding arrangement is the double row when the operation was carried out with a precision seeder.

Keywords: *operating cost, seeder, economic viability*

3 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem se destacado no cenário mundial, em parte, devido à cultura da soja que contribui com uma fatia do Produto Interno Bruto (PIB) do país além de ser um dos principais cultivos mundiais devido ao seu potencial produtivo e a sua composição química e valor nutritivo, que lhe confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal.

O cenário que o Brasil apresenta nos dias atuais é caracterizado pelo aumento de produção na mesma área semeada, ou seja, sem a abertura de novas áreas. Esse desenvolvimento é reflexo de novas tecnologias nos mais diversos setores da área agrícola, principalmente no que se refere ao manejo adequado das culturas e a correta seleção e utilização das máquinas agrícolas.

Uma das tentativas de aperfeiçoar os sistemas de produção da cultura da soja tem sido a redução do espaçamento entre linhas na semeadura. Contudo até então não existem semeadoras de precisão que atendam a necessidade de reduzir em até 0,20 m o espaçamento entre linhas para semear a cultura da soja, isso tem gerado um gargalo para os produtores, que com essa dificuldade estão utilizando semeadoras de fluxo contínuo para realizar essa operação.

Existe certa dificuldade na hora de realizar a semeadura da soja com o espaçamento reduzido, principalmente em semeadoras-adubadoras de precisão, sendo necessária a realização de passadas a mais nas entrelinhas do plantio para conseguir o

espaçamento desejado. Diante desta dificuldade, produtores e pesquisadores estão utilizando as semeadoras de fluxo contínuo na semeadura da soja.

As semeadoras de precisão caracterizam-se por distribuir sementes espaçadas a distâncias supostamente homogêneas no sulco de semeadura, e são usualmente utilizadas para semear sementes maiores como soja, milho e feijão. Já as semeadoras de fluxo contínuo, distribuem grandes quantidades de sementes no sulco de semeadura, com isso a distância entre elas é pequena (inferior a 4 cm) e sem precisão. Caracterizam-se por distribuir sementes miúdas, como trigo, aveia, centeio, milheto, podendo também distribuir sem precisão sementes maiores como as de soja.

A utilização de semeadoras de fluxo contínuo para a cultura da soja pode ocasionar grande porcentagem de dano mecânico nas sementes. Estes danos podem ocorrer devido ao movimento do mecanismo dosador de sementes, em função de sua velocidade e atrito com as mesmas.

Nas propriedades agrícolas é fundamental que as produções sejam cada vez mais elevadas, pois o objetivo principal do empresário agrícola é a maximização dos lucros. Para que isso ocorra, é primordial a inclusão de critérios técnicos e econômicos dos sistemas de produção, permitindo maior confiabilidade e solidez na hora da tomada de decisão.

A ausência de avaliação econômica continua sendo um dos maiores gargalos da atividade agrícola e isso pode causar grande prejuízo para o setor, pois a análise da viabilidade econômica dos sistemas pode inferir ao administrador o nível de eficiência em que a empresa agrícola opera.

A realização do balanço econômico dos sistemas de produção agrícola é de primordial importância para que os produtores possam se basear na melhor alocação de insumos, podendo o produtor determinar o que, quando e como produzir da melhor maneira possível.

O presente trabalho baseia-se na hipótese de que é possível aumentar a produtividade da cultura da soja reduzindo-se o espaçamento entre linhas no momento da semeadura. Contudo, é necessário que haja a realização de balanço econômico para constatar se essa técnica é viável para os produtores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes arranjos espaciais na cultura da soja e seu balanço econômico.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Características da cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é originária do continente asiático, mais especificamente da China. A disseminação da cultura pelo mundo teve início no continente Europeu por volta de 1730, porém com a finalidade de ornamentação. No continente Americano, a soja chegou em 1765, sendo os Estados Unidos da América (EUA) os pioneiros no cultivo extensivo da leguminosa. Em 1917, os americanos adaptaram o processo de industrialização dos grãos de soja para extrair seu farelo para a alimentação animal e, na década de 1970 tornaram-se os produtores de dois terços de toda soja produzida no mundo (HARTMAN et al., 2011).

Além da importância na nutrição humana, a soja e seus derivados, provenientes do processamento industrial dos grãos, apresentam inúmeras utilizações como adubação verde, nutrição animal como silagem e farelo, fabricação de tintas, fibras, adesivos, tecidos, indústria farmacêutica e siderúrgica. Essa diversidade é possível porque as indústrias de processamento de soja produzem subprodutos, farelo e óleo, que se constituem em importante fonte de matéria-prima para diferentes setores industriais (FREITAS et al., 2001).

O grão da soja constitui-se em matéria-prima básica, cujo processamento dá origem ao óleo bruto e ao farelo. O processamento destes produtos primários possibilita a obtenção de uma série de produtos secundários, que são utilizados

como insumos industriais em diversas outras linhas de processamento, possibilitando assim, a abertura de um enorme leque de opções de uso, resultando em significativa rede de agronegócios geradora de trabalho, oportunidades de crescimento social e riqueza nacional (BLACK, 2000).

No cenário agrícola mundial, a soja é o quarto produto entre os cereais e oleaginosas mais utilizadas no consumo humano e o mais importante em produção e comercialização (FAO, 2013). A produção e exportação são dominadas pelos EUA, Brasil e Argentina, além de tornar-se cada vez mais importante no Paraguai, Bolívia e Uruguai (MELGAR, 2011).

No Brasil, a soja foi introduzida em 1882, na Bahia, mas se adaptou melhor na região Sul em um primeiro momento. Contudo a expansão da soja para o Centro-Oeste brasileiro foi rápida em virtude do baixo valor da terra, subsídios do governo, bom preço do produto e desenvolvimento de pesquisas voltadas para a agricultura do Cerrado (CÂMARA; HEIFFIG, 2000).

O plantio desta cultura ocorre em todo o território brasileiro, desde o extremo sul do país, no Rio Grande do Sul, até o Maranhão, incluindo áreas nas regiões Nordeste e Norte e partes de Rondônia, Pará e Roraima (CONAB, 2013; MAPA, 2013). Esse cenário é resultado dos diversos avanços no sistema de produção da cultura realizados nos últimos anos, como desenvolvimento de novas cultivares, com o maior potencial produtivo, características agronômicas adequadas para plantio nas diversas épocas de semeadura e em diferentes regiões (MAPA, 2013), aliado a boa comercialização nos últimos anos.

O complexo agroindustrial brasileiro da soja movimenta cerca de US\$ 30 bilhões, tendo 5% de participação no PIB do país e ainda 25% de participação no PIB agrícola (CONAB, 2012). Em 2014, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial do grão com uma produção de 81,5 milhões de toneladas, uma área plantada de aproximadamente 27,7 milhões de hectares e uma produtividade média de 2.939 kg ha⁻¹. O Estado do Mato Grosso destaca-se como o maior produtor brasileiro de soja produzindo aproximadamente 29% da produção nacional do grão e, com uma média de produtividade de 3.348 kg ha⁻¹. A exportação do complexo de produtos oriundos da soja em 2012 (grão, farelo, óleo) somou US\$ 26,1 bilhões, sendo a maior parte (US\$ 17,4) resultante das exportações de grãos (EMBRAPA, 2014).

As estimativas para soja indicam um aumento na produção brasileira para atingir 88,9 milhões de toneladas em 2021/2022. Essa projeção é baseada na taxa de crescimento anual com estimativa de aumento na produção de 2,3% no período das safras de 2011/12 a 2021/2022. Essa taxa está acima da taxa mundial para os próximos dez anos, estimada pelo FAPRI (2011) em 0,84% ao ano. Historicamente, a produção brasileira de soja tem crescido a uma taxa anual de 5,8% (MAPA, 2013). Esses indicadores econômicos demonstram a importância da produção de soja para a agricultura brasileira.

A produtividade da cultura da soja tem como um dos principais componentes o estabelecimento de uma população de plantas adequadas, embora se saiba que a cultura tenha uma alta capacidade de compensação em função da população de plantas obtida. Existe, porém, uma população mínima, abaixo da qual a produtividade da cultura será seguramente reduzida. As novas cultivares em uso na região tropical requerem baixa densidade de semeadura, ao redor de 300.000 plantas por hectare, o que implica na utilização de sementes de alta qualidade fisiológica (FURLANI et al., 2005).

Segundo Thomas e Costa (2010), a produtividade de uma lavoura de soja está diretamente relacionada ao número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e a massa do grão, sendo a população de plantas o fator com maior facilidade de controle. A quantidade de vagens em uma planta é dependente da quantidade de flores produzidas e fixadas durante o período reprodutivo da cultura. Deficiência hídrica, desfolhamento e doenças foliares aumentam a taxa de abortamento de vagens e/ou diminuem o tamanho dos grãos dependendo da época em que ocorre.

Teoricamente, para ser atingido o potencial máximo de produção em uma planta, é necessário que se tenham as melhores condições de solo e clima, com o mínimo de competição. Em estudos sobre arranjo de plantas com novas disposições na lavoura foi observado que os arranjos conseguiram minimizar a competição intraespecífica e maximiza-se o aproveitamento dos recursos ambientais (HEIFFIG et al., 2006).

O aumento do número de plantas de soja, definida pela combinação da densidade de plantas na linha de semeadura com o espaçamento entre linhas reduzido influencia algumas características agronômicas das plantas de soja bem como pode modificar a produção de grãos (DAROISH et al., 2005).

As modificações no arranjo podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e da distância entre linhas (PIRES et al., 1998).

Com a redução no espaçamento entre linhas podem ser acarretadas modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas, fechamento da área da entrelinha, área foliar e índice de área foliar, que podem resultar em aumento no rendimento de grãos (PIRES et al., 1998).

A soja é uma espécie vegetal que possui características favoráveis em relação ao arranjo espacial, podendo variar seu número de ramificações, de vagens e grãos por planta. Dependendo da altura da planta, o fechamento das entrelinhas, assim como outros aspectos agronômicos, é influenciado pelos fatores que proporcionam o desenvolvimento das plantas, como o clima local da região, o ano e a época de semeadura de acordo com a cultivar (EMBRAPA, 2003).

Soja semeada no sistema convencional de semeadura já está sujeita ao ataque de diversos patógenos. O maior adensamento da cultura estabelece um microclima diferenciado que pode favorecer o estabelecimento de alguns destes patógenos (LIMA et al., 2012). Outro fator que compromete o espaçamento reduzido da soja é o controle de doença e/ou pragas que acometem a cultura, pois dificulta a eficiência da aplicação de agrotóxicos, atingindo em alguns casos, apenas a parte superior (GARCIA, 2007).

Em experimento com diferentes arranjos de semeadura, Moreira (2013) observou que nos sistemas de semeadura adensados ocorreu o estiolamento das plantas de soja, o que pode comprometer a produtividade.

4.2 Sistemas de semeadura da cultura da soja

A cultura da soja no Brasil tem passado por muitas mudanças com a utilização de novas tecnologias, como o sistema de semeadura direta e o advento das cultivares transgênicas tolerantes a herbicidas e resistentes a doenças e a insetos, bem como a introdução de cultivares mais produtivas. Entretanto, as novas cultivares de soja apresentam hábito de crescimento e porte diferentes das primeiras linhagens de soja introduzidas no

Brasil, o que vem promovendo mudanças no sistema de plantio praticado pelos produtores, podendo estes escolherem a melhor época de semeadura, adaptando o período a sua região (SOUZA et al., 2010).

Para a implantação da cultura da soja, existem vários tipos de semeadoras, com diversos sistemas para a dosagem de sementes. Dentre os mais utilizados, estão os sistemas mecânicos com discos perfurados horizontais e os sistemas pneumáticos. Teoricamente, sistemas pneumáticos podem proporcionar o estabelecimento de estandes mais uniformes e, conseqüentemente, maior produtividade. No Brasil, entretanto, existem poucos estudos, que relacionam o uso dessas máquinas com o estabelecimento de estandes uniformes e a produtividade da soja (TOURINO, et al., 2009).

A semeadura adequada é aquela onde a diferença entre a quantidade de plantas possíveis de serem obtidas e as emergidas é mínima, o espaçamento entre elas é uniforme e o tempo necessário para emergência de toda a população de plântulas seja mínimo (MARONI et al., 2005)

A identificação dos sistemas de plantios comerciais que resultem em menor competição intraespecífica permite melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento e rendimento de grãos da soja (RAMBO et al., 2003). A diminuição da distância entre as linhas tem sido bastante utilizada com o objetivo de encurtar o tempo para a cultura, interceptar 95% da radiação solar incidente e com isto, incrementar a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (SHAW; WEBER, 1967).

As condições do meio aonde as plantas irão se desenvolver são fundamentais para maximizar a expressão do potencial produtivo das cultivares. Assim, alterações relacionadas com a população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas (LIMA et al., 2012).

O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação na população de plantas e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta. Isto se reflete na competição diferenciada entre as plantas, influenciando na produtividade da cultura e no aspecto fitossanitário (COSTA et al., 2002).

A cultura da soja pode ter boa produtividade em diferentes sistemas de arranjos de semeadura, pois esta cultura tem alta capacidade de adaptação a diferentes

condições ambientais, como o aumento da população de plantas e as mudanças no espaçamento (RAMBO et al., 2003).

Arranjos de semeadura, como semeadura cruzada, fileira dupla espaçamento reduzido, podem apresentar algumas vantagens sobre o arranjo convencional como uma melhor utilização dos recursos disponíveis para o crescimento e produtividade de soja (RAMBO et al., 2003). No entanto, existem alguns riscos tais como redução de vagens por planta e um menor peso de 1.000 grãos, resultando em alta plasticidade fenotípica de plantas de soja (CHIAVEGATO et al., 2010).

Segundo Mauad et al. (2010) a mudança no arranjo espacial de semeadura da soja é um importante instrumento de gestão já que o espaçamento utilizado e a densidade de semeadura são fatores que influenciam na produtividade da cultura e seus componentes de produção.

O espaçamento entre as linhas e a densidade de plantas nas linhas podem ser manipulados, com a finalidade de estabelecer o arranjo mais adequado à obtenção de maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada. Além do arranjo mais adequado, a uniformidade de espaçamento entre as plantas distribuídas na linha também pode influir na produtividade da cultura (TOURINO, et al., 2002)

Mesmo com alguns benefícios comprovados relacionados a mudanças no arranjo de semeadura há chances de alguns fatores indesejáveis surgirem como, a competição inter e intra-específica de plantas na busca dos recursos ambientais, alterações morfofisiológicas, danos às características ideais de solo por movimento excessivo de máquinas, além de maior sombreamento de plantas causado pelo aumento do índice de área foliar (ARGENTA et al., 2001).

Segundo Rodrigues et al. (2010), as alterações no manejo da cultura da soja podem resultar num impacto em relação ao porte da planta, porque com o maior número de plantas na área pode ocorrer interferência na intensidade de luz solar que atingem as folhas, e, portanto, influencia o microclima (umidade e temperatura), o que é um fator limitante para o desenvolvimento da população de pragas.

Alguns produtores de soja tem escolhido a semeadura cruzada, a qual consiste na distribuição de sementes em linhas paralelas, como é realizada convencionalmente na soja, seguida de nova distribuição de grãos sobre a mesma área, com as novas linhas

formando ângulos de 90° em relação às anteriores, ou seja, formando um “grid” de linhas sobre a área de cultivo (LIMA et al., 2012). O sistema conhecido como “plantio cruzado” tem ganhado destaque na mídia por ter sido utilizado pelos ganhadores do Desafio de Produtividade Nacional (safra 2010/2011). Assim, a semeadura cruzada tem se tornado o novo protótipo para se elevar a produtividade média nacional de soja (PROCÓPIO et al., 2012).

Algumas considerações devem ser ponderadas sobre essa técnica. A semeadura cruzada é formada por duas operações de semeadura na mesma área, ou seja, o rendimento operacional é reduzido pela metade, podendo acarretar atraso na semeadura e conseqüentemente refletir em semeaduras em épocas menos adequadas, além de prejuízos para o cultivo de segunda safra, principalmente se for de milho, que de acordo com Cardoso et al. (2004) o período de semeadura e os períodos críticos de crescimento da cultura dependem fundamentalmente da ocorrência de condições climáticas adequadas.

Para a semeadura em grandes áreas dentro dos períodos indicados pelo zoneamento agrícola, o investimento em máquinas necessitaria ser intensificado, pois não existem no mercado agrícola semeadora adaptada aos diferentes sistemas de semeadura. Também deve ser ressaltado que a compactação do solo no sistema de semeadura cruzada tende a aumentar, devido a ocorrência de maior trânsito de máquinas na área. Fato esse que vêm se agravando em áreas sob o sistema de plantio direto. O sentido das linhas de semeadura também chama a atenção nesse sistema, pois uma das linhas deve apresentar sentido contrário às curvas de nível, ou seja, uma prática que favorece o processo erosivo, principalmente em áreas com maior declividade. Finalmente, ressalta-se que na interseção das linhas de semeadura pode haver uma alta competição intraespecífica (PROCÓPIO et al., 2012).

O sistema de linha dupla ou “skip-row” também visa otimizar o uso de recursos e reduzir, conseqüentemente, o custo de produção. Esse tipo de arranjo é baseado em linhas duplas com um espaçamento entrelinhas internas de 0,20 m e entrelinhas externas de 0,40 ou 0,60 m (CHIAVEGATO et al., 2010). Nos EUA este sistema de semeadura é utilizado com frequência, inclusive, pelo recordista mundial de produtividade de soja, um produtor do Estado do Missouri (BALBINOT JUNIOR et al., 2012).

O sistema adensado de plantio de soja é uma tendência atual, em que as densidades menores, em torno de 10 a 15 plantas m⁻¹, vêm sendo utilizadas com sucesso,

pois além de não reduzirem significativamente a produtividade, proporcionam redução nos custos de produção (TOURINO et al., 2002).

A modificação na configuração do espaçamento de semeadura com a retirada de uma ou mais linhas inteiras é uma técnica de sistema de plantio que pode favorecer uma alta penetração de luz e agroquímicos no dossel, melhorando a taxa fotossintética, a sanidade e a longevidade das folhas próximas ao solo, o que, em última instância, pode maximizar a produtividade de grãos, porém a falta de semeadoras com possibilidade de ajuste para essa configuração é uma grande barreira para o desenvolvimento desse arranjo (BALBINOT JUNIOR et al., 2012).

A elevação do custo das sementes, motivada pela seleção de cultivares com maior potencial produtivo e pela adoção de outras tecnologias, como sementes híbridas e a transgenia, torna necessário o desenvolvimento de semeadoras que tenham controle efetivo sobre a população de plantas, o que pode ser conseguido com a utilização de semeadoras de precisão. Essas máquinas possuem mecanismos dosadores que permitem a colocação de sementes espaçadas umas das outras, na linha de semeadura, com distâncias definidas, gerando, assim, potencial para a redução da quantidade de sementes utilizadas (REIS; FORCELLINI, 2006).

De uma forma geral, para obter desempenho satisfatório na operação de semeadura, a máquina semeadora-adubadora deve: ajustar-se a operação em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura; possuir mecanismos dosadores de sementes e de adubo eficientes e de fácil regulagem; proporcionar baixo percentual de danos às sementes; depositar a semente e o adubo nos sulcos de plantio, uniformemente, em profundidade constante e com pouca remoção de terra; ter boa capacidade de penetração no solo, mesmo no sistema de plantio direto; semear e adubar de forma adequada na presença de restos culturais; e possuir autonomia e capacidade de trabalho satisfatório (EMBRAPA, 2009).

Segundo Silva et al. (1985), dentre as características mais importantes de uma semeadora-adubadora, está a sua capacidade de proporcionar baixo índice de danos às sementes durante a semeadura. Assim, o seu mecanismo dosador deve ser adequado à espécie e variedade a ser semeada, para evitar que as sementes sejam danificadas perdendo o poder germinativo (BALASTREIRE, 1987).

Carvalho e Nakagawa (2000) constataram que mesmo com a perfeita regulagem das máquinas, podem ocorrer dano mecânico a semente em intensidades variáveis, ou seja, a sua ocorrência é inevitável. Os autores relatam que esses danos podem ser maiores ou menores de acordo com o teor de água das sementes.

Torn et al. (1996) avaliando uma semeadora de fluxo contínuo em três diferentes velocidades de semeadura, três aberturas de comportas (aleta que fica junto ao mecanismo dosador de semente) e quatro espaçamentos, observaram que o aumento da densidade de plantio foi afetado tanto pela abertura da comporta quanto pelo aumento da velocidade do conjunto trator-semeadora, principalmente na velocidade de 8 km h^{-1}

4.3 Danos mecânicos em sementes

A semente de soja é muito sensível ao dano mecânico, uma vez que as partes vitais do eixo embrionário (radícula, hipocótilo e plúmula) estão situados sob um tegumento pouco espesso, que praticamente não lhe oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

De acordo com Costa et al. (1979) os danos mecânicos imediatos (visíveis) são representados por tegumentos rompidos, cotilédones separados e quebrados e podem ser observados pela análise visual; já os danos latentes correspondem àqueles que se manifestarão durante o armazenamento com a queda da qualidade fisiológica da semente, sendo representados por trincas microscópicas e abrasões.

Segundo Netto et al. (1999), a qualidade fisiológica das sementes pode ser afetada por diversos fatores, e um dos mais comprometedores é a lesão mecânica. Praticamente é inevitável a ocorrência dos danos mecânicos nas sementes devido ao uso de semeadoras, colhedoras, debulhadoras e máquinas de beneficiamento.

Conforme explica Fonseca (2007), a danificação mecânica, ou injúria mecânica, é causada por choques e/ou abrasões das sementes contra superfícies duras ou contra outras sementes, resultando em sementes quebradas, trincadas, fragmentadas e danificadas. Sementes com essas características apresentam redução da germinação e do vigor.

Carvalho e Nakagawa (2000) destacam que fatores indesejáveis, como condições adversas durante o desenvolvimento da semente e na fase de pré-colheita, injúrias

mecânicas durante a colheita e o beneficiamento, danos térmicos e mecânicos durante a secagem e condições precárias de manuseio durante a instalação da cultura na propriedade (inclui a semeadura), além de causarem perdas imediatas de germinação e de vigor, submetem as sementes de forma mais rápida à deterioração.

Por ocasião da semeadura, recomenda-se que fatores como a população de plantas, o poder germinativo e a pureza das sementes, o índice de deslizamento da roda motriz da semeadora, o percentual de enchimento do mecanismo dosador e o índice de sobrevivência a campo sejam considerados (SCHMIDT et al., 1999). Todavia, pouca ou nenhuma atenção tem sido dada ao mecanismo dosador de sementes como agente danificador; mesmo sabendo-se que, ao passarem por esse mecanismo, as sementes sofrem pressões tornando-se suscetíveis a danos mecânicos que reduzem seu poder germinativo e vigor (ALMEIDA et al., 2003).

Tourino et al. (2009), avaliando diferentes mecanismos dosadores de sementes afirmam que o mecanismo dosador tipo rotor acanalado propicia maior dano mecânico à sementes e que as plantas produzidas foram baixas, com caules de grande diâmetro. Segundo os autores embora não tenha ocorrido acamamento devido à grande quantidade de ramificações e peso das plantas, alguns legumes ficaram em contato com o solo. A soma desses fatores dificulta a colheita mecanizada, podendo causar perdas, embuchamentos e danos na barra segadora das colhedoras, o que não contribui para a recomendação dessa máquina na implantação da cultura da soja.

Almeida et al. (2003), analisando diferentes sistemas dosadores de sementes verificaram que para a cultura da soja os sistemas disco horizontal perfurado e copo dosador mostraram os melhores resultados, com menor porcentagem de danos mecânicos.

Krzyzanowski et al. (1991) citam que houve efeito positivo quanto à precisão de semeadura de soja para o mecanismo dosador tipo cilindro canelado, quando as sementes passaram por um sistema de classificação, porém, comparando-se este mecanismo com o de disco horizontal perfurado, o último apresentou-se com maior precisão, independentemente da classificação das sementes.

Boller et al. (1991) concluíram que a porcentagem de sementes quebradas foi influenciada tanto pelos mecanismos quanto pelas velocidades, destacando-se

negativamente o disco dosador de ferro fundido com maior porcentagem de quebra de sementes, em relação aos mecanismos tipo cilindro canelado e copo dosador.

De acordo com Fonseca (2007) os efeitos dos danos mecânicos sobre o vigor e viabilidade das sementes podem ser imediatos, manifestados pela incapacidade ou lentidão das sementes em germinarem, situação advinda por interferências na taxa de respiração e entrada de microrganismos na estrutura das sementes danificadas.

Marcos Filho (1998) esclarece que a qualidade fisiológica das sementes, afetada muitas vezes por danos não visíveis, pode afetar indiretamente a produção da lavoura ao influenciar no estande final, na velocidade e na porcentagem de plântulas emergidas, e no vigor das plantas. O autor ainda afirma que, os problemas na qualidade de sementes têm sido contornados quando atribuídos às sementes o elevado potencial genético, a alta germinação e vigor, a ausência de danos mecânicos, a boa sanidade e uniformidade de tamanho, e a pureza física.

O emprego de testes rápidos, em programas de controle de qualidade, torna-se uma ferramenta imprescindível para a avaliação da qualidade fisiológica de um lote de sementes. Dentre esses, o teste de tetrazólio tem sido considerado como uma alternativa promissora, devido à rapidez e à eficiência na caracterização da viabilidade, do vigor e da deterioração (COSTA et al., 1998).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, por meio do teste de tetrazólio, tem proporcionado, nos últimos anos, contribuição altamente significativa na identificação dos níveis de vigor e viabilidade, fundamentais para o controle de qualidade de sementes no Brasil (COSTA; MARCOS FILHO, 1994).

Dois testes são descritos por Dias e Barros (1995) para identificar injúrias mecânicas com rapidez e eficiência, são eles o teste “verde rápido” e a coloração com tintura de iodo. Em ambos, as sementes são colocadas em contato com a solução “fastgreen FCF” e iodo, respectivamente, sendo as injúrias identificadas pelas colorações (verde e azul) na região danificada. Desta forma, é possível determinar se a qualidade de um lote de sementes foi reduzida na hora da semeadura (coleta de sementes para análise futura em laboratório) ou se este lote já apresentava danos sofridos por beneficiamento e armazenamento inadequados.

Netto et al. (1999) utilizando o teste de verde rápido para determinar os percentuais de danos mecânicos e o teste de germinação para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo, concluíram que há efeito imediato prejudicial dos danos mecânicos sobre a germinação, velocidade de emergência e população inicial de plantas de sorgo. Segundo os autores, os testes utilizados são eficientes para mostrar a redução imediata da qualidade fisiológica dessas sementes.

4.4 Balanço econômico na agricultura

No momento em que o produtor decide as variáveis que vai executar no seu sistema produtivo, ele está também definindo seu custo. Para os economistas, custo econômico pode ser definido como o valor de mercado de todos os insumos usados na produção (BINGER; HOFFMAN, 1998).

Segundo Silva et al. (2004), as informações relativas aos custos de todas as etapas de um projeto agropecuário são extremamente necessárias para a viabilização e o sucesso de cada fase de implantação.

A utilização de estimativas de custos de produção na administração de empresas agrícolas tem assumido importância crescente, quer na análise da eficiência da produção de determinada atividade, quer na análise de processos específicos de produção, os quais indicam o sucesso de determinada empresa no seu esforço de produzir. Ao mesmo tempo, à medida que a agricultura vem se tornando cada vez mais competitiva e com a redução da intervenção governamental no setor, o custo de produção transforma-se num importante instrumento do processo de decisão. Assim, se por um lado, os custos de produção vêm aumentando a sua importância na administração rural, na determinação de eficiência na produção de atividades produtivas e no planejamento de empresas, por outro, as dificuldades de estimá-los só recentemente começaram a ser reduzidas, à medida que aumentou a adoção da informática na gestão das empresas agropecuárias (MARTIN et al., 1994).

Segundo Cordeiro (2000), a avaliação direta do desempenho de tratores em condições de campo é obtida através da instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator.

Molin et al. (2006) afirmam que as informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões.

Piacentini et al. (2012), relatam que o acompanhamento sistemático do desempenho das máquinas agrícolas e os cálculos dos seus custos operacionais, são fatores fundamentais para o uso racional. De acordo com Peloia & Milan (2010), a mecanização agrícola representa um fator de grande importância para a redução de custos na agricultura brasileira sendo o segundo fator mais significativo, inferior apenas à posse da terra; em termos de potencial para redução dos custos de produção, a mecanização é o principal fator. Para se reduzirem os custos são necessários a ampliação e a modernização da gestão dos sistemas mecanizados. A adoção de técnicas administrativas clássicas não atende mais às condições de sustentabilidade impostas pelo mercado. Essas técnicas têm como fundamento o dimensionamento do sistema mecanizado, os estudos dos tempos e movimentos e o planejamento e controle de custos e produtividade.

Segundo Beutler (2005), os insumos representam a maior parte dos custos financeiros para a cultura da soja, em função, principalmente dos preços elevado dos fertilizantes e agrotóxicos.

Segundo Mialhe (1974), o custo operacional do trator depende da capacidade operacional do conjunto (trator, implemento e tratorista). Deste modo há uma dependência entre o conjunto e as condições efetivas de trabalho, para cada operação mecanizada que se realiza.

Os custos com máquinas agrícolas são normalmente divididos em dois componentes principais: custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são aqueles que devem ser debitados, independentemente da máquina ser usada ou não. A partir do momento em que foi adquirida uma máquina agrícola, ela passa a onerar seu proprietário, mesmo que seja mantida inativa no galpão de máquinas. Entre os custos fixos são incluídos: depreciação, juros, alojamento e seguros. Os custos variáveis ou operacionais são aqueles que dependem da quantidade de uso que se faz da máquina e são constituídos por: combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e salário do tratorista (PACHECO, 2000).

Para Molin e Milan (2002), a distinção entre os custos fixos e variáveis nem sempre é clara, pois a depreciação (perda do valor devido à idade) pode ser afetada pela intensidade de uso. Se a máquina for pouco usada obtém um maior valor de revenda.

O custo fixo anual das máquinas e equipamentos, de acordo com MIALHE (1974), é composto pela depreciação, juros sobre o capital investido e alojamento, seguros e taxas. A razão entre o custo fixo anual e o número de horas trabalhadas resulta no custo fixo horário. Portanto, o custo fixo horário está associado diretamente com a utilização das máquinas (PELOIA & MILAN, 2010).

A depreciação refere-se à perda de valor ou eficiência produtiva, causada pelo desgaste, ação da natureza ou obsolescência tecnológica. Para a unidade produtiva, a perda de valor ou eficiência, independente da sua natureza, representa um custo real. Nesse ponto, os indicadores de vida útil em anos e horas são importantes em face de implicação desses dados para o cálculo da depreciação, da hora-máquina e da manutenção desses bens (RIQUETTI, 2014).

Riquetti (2014), avaliando os custos de produção da cultura da soja, semeada em linhas paralelas espaçadas a 0,45 m, observou que os fertilizantes representaram os itens de maior investimento, com aproximadamente 38% de todo o valor necessário, seguidos pelos defensivos com uma participação de aproximadamente 32% do total. Percebeu-se também que esses itens representavam um percentual significativo de todo o gasto energético.

De acordo com Silva et al. (2015), os custos operacionais nos sistemas de semeadura cruzada da soja são superiores ao sistema convencional, sendo 50,78% mais oneroso que a semeadura em linhas paralelas. Este maior custo operacional nas semeaduras cruzadas é resultado do maior uso do conjunto trator/semeadora-adubadora. As máquinas submetidas a este sistema de semeadura necessitam de maior consumo de combustível, manutenções e hora máquina.

Ainda segundo Silva et. al. (2015), a semeadura convencional em linhas paralelas apresenta maior receita líquida do que a semeadura cruzada da soja sendo, desta forma, mais rentável para o produtor.

A adequação do gerenciamento de sistemas mecanizados deve buscar, além da produtividade e diminuição dos custos de produção, qualidade de operações agrícolas,

motivação, segurança e saúde dos funcionários, preservação do ambiente e alinhamento estratégico (MILAN, 2004).

Segundo Simões et al. (2011), o conhecimento do custo operacional de máquinas é de suma relevância no processo de tomada de decisão auxiliando, de forma fundamental, o controle e o planejamento da utilização desses equipamentos; em geral, tais custos são expressos em termos de unidade de horas efetivas de trabalho da máquina.

O conhecimento e aplicação de critérios técnicos e econômicos para obtenção dos custos de produção são de suma importância para o setor agroflorestal, pois permitem que os custos estimados apresentem solidez e sejam confiáveis, proporcionando, desta forma, uma melhor competitividade de mercado (SIMÕES; SILVA, 2012).

O custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos utilizados no processo produtivo de uma atividade agrícola. A estimativa dos custos está ligada à gestão da tecnologia, ou seja, à alocação eficiente dos recursos produtivos e ao conhecimento dos preços desses recursos (CLEMENTE et. al., 2010).

Segundo Martin et al. (1994), os custos de produção, para serem estimados, partem da utilização de fatores de produção em quatro grupos: a) operações agrícolas: para cada operação é definido o número de horas de trabalho gasto por categoria de mão-de-obra, trator e/ou veículos e equipamento envolvidos na operação; b) operações agrícolas efetuadas através de empreita: envolvendo operações de manutenção, cultivo, colheita, transporte; c) materiais de consumo: constituem-se dos materiais que são utilizados no processo de produção, podendo ser próprios e/ou adquiridos pelo produtor; e d) por último são considerados os componentes de custos indiretos na produção, envolvendo obrigações sociais, seguro, encargos financeiros para capital de custeio, custo de uso da terra, outras despesas com impostos e administração e outros custos fixos com capital ou com a formação da cultura perene, quando for o caso.

Em termos econômicos, a questão relativa ao curto ou longo prazo se refere à possibilidade de variação dos fatores de produção. Considera-se curto prazo quando pelo menos um dos fatores de produção não puder variar no período considerado quando, no longo prazo, todos os fatores podem variar (CASTRO et al., 2009).

Os custos são muitas vezes confundidos, em termos de terminologia, com despesas e gastos, mas em economia estas palavras têm significados diferentes. As

despesas são os valores de todos os pagamentos que saem da empresa com ou sem compensação produtiva. Os gastos são todos os desgastes de valores ou de materiais e energia expressos em valores dentro da empresa (SILVA et al., 2008).

Ao se falar em custos, deve-se definir os conceitos em termos econômicos. O custo econômico considera os custos explícitos, que se referem ao desembolso efetivamente realizado e os custos implícitos que dizem respeito àqueles para os quais não ocorrem desembolsos efetivos, como é o caso da depreciação e do custo de oportunidade, que se refere ao valor que determinado fator poderia receber em algum uso alternativo (CASTRO et al., 2009).

Atualmente, os agricultores trabalham diante de problemas como a elevação dos custos de produção e queda dos preços do mercado. Como resultado, precisam de todas as vantagens a fim de produzir safras de forma eficiente e com baixos custos. Embora os agricultores não possam controlar todas as variáveis que influenciam nos custos de produção, existem algumas que podem ser controladas e aperfeiçoadas, como o emprego correto dos equipamentos agrícolas (GARCIA, et. al. 2015).

A aplicação de determinada tecnologia influi, diretamente, nos custos de produção e determina, também, a produtividade da lavoura. Dessa forma, é necessário o acompanhamento dos custos que envolvem o sistema de produção, pois, durante levantamento das despesas, é possível identificar tanto elementos responsáveis pelo bom desempenho da lavoura, como os possíveis pontos de estrangulamento do empreendimento agrícola (VASCONCELOS et al. 2002).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local e instalação do experimento

O experimento foi conduzido em área experimental das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Botucatu, localizada nas coordenadas de 22° 49' S e 48° 25' W, com altitude de 810 metros, durante a safra 2014/2015. A área experimental vem sendo cultivada em sistema de plantio direto desde o ano 2000 e na safra anterior foi semeada a cultura do milho.

5.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos utilizados no experimento foram à combinação de diferentes espaçamentos entre linhas no momento da semeadura da cultura da soja e duas semeadoras-adubadoras distintas, precisão e fluxo contínuo, sendo eles:

T1: Espaçamento convencional com distância de 0,45 m nas entrelinhas utilizando a semeadora de precisão.

T2: Espaçamento convencional com distância de 0,45 m nas entrelinhas utilizando a semeadora de fluxo contínuo;

T3: Espaçamento cruzado utilizando a semeadora de precisão;

T4: Espaçamento cruzado utilizando a semeadora de fluxo contínuo;

T5: Espaçamento adensado com distância de 0,20 m nas entrelinhas utilizando a semeadora de precisão;

T6: Espaçamento adensado com espaçamento de 0,20 m nas entrelinhas utilizando a semeadora de fluxo contínuo;

T7: Espaçamento em linha dupla (distância de 0,20 m deixando uma distância maior de 0,60 m para a segunda linha dupla), utilizando semeadora de precisão;

T8: Espaçamento em linha dupla utilizando semeadora de fluxo contínuo.

O croqui das unidades experimentais é demonstrado na Figura 1, em que se apresenta a distribuição dos tratamentos no campo. Cada unidade experimental possuía 20 m, sendo deixado entre elas 10 m para os carregadores (espaço para manobra e estabilização do conjunto trator-semeadora).

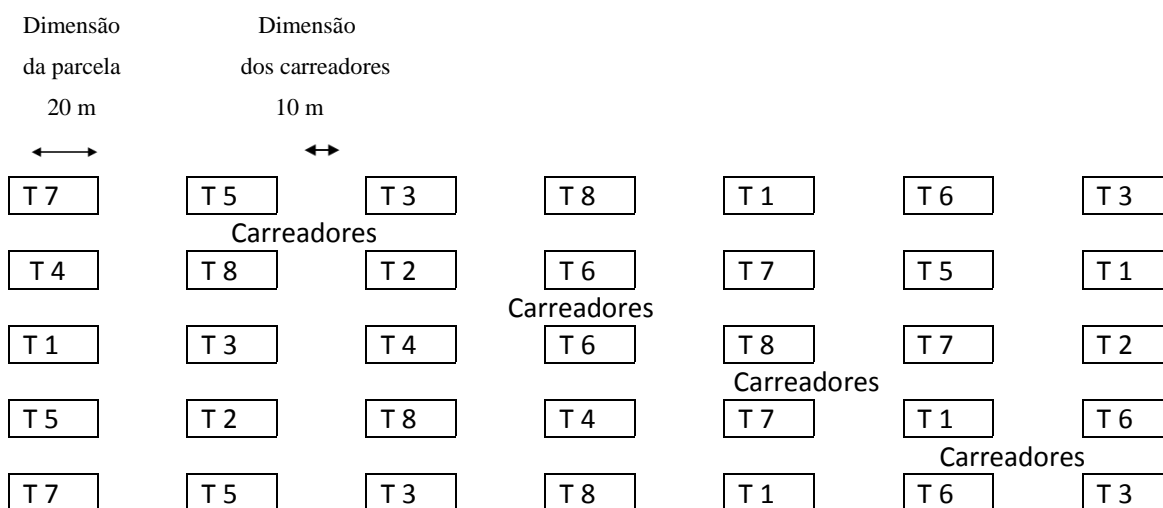


Figura 1: Croqui do experimento implantado.

5.3 Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em um arranjo fatorial 4 (Espaçamentos entre linhas: Convencional, Adensado, Linha Dupla e Cruzado) \times 2 (Semeadoras-adubadora: Precisão e Fluxo contínuo), com 4 repetições. Desta forma, um modelo linear contemplando os efeitos fixos de espaçamento, semeadora e suas interações foi usado nas análises. Para os dados referentes ao custo operacional foi utilizado a estatística descritiva.

As análises de variância dos dados foram conduzidas usando o procedimento MIXED do software *Statistical Analysis System* (SAS; versão 9.2). Desdobramentos foram realizados para as interações significativas ($P \leq 0,05$) afim de identificar dentro de qual nível de um determinado fator haviam diferenças. Após essa identificação, o teste de Tukey foi aplicado para discriminar as médias de quadrados mínimos no fator com mais de dois níveis (Espaçamento). Para o fator com dois níveis (Semeadora), o próprio teste F do desdobramento foi usado para discriminar as médias, por ser conclusivo.

5.4 Características do solo e condições climáticas

O solo da área experimental é de textura argilosa, classificado como Nitossolo Vermelho Estruturado (Embrapa, 1999). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, definido como clima temperado (mesotérmico).

Tabela 1: Análise granulométrica antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.

Areia (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})	Silte (g kg^{-1})	Textura
165	450	385	Argilosa

5.5 Fertilizantes e Agroquímicos

Seis meses antes da instalação do experimento foi realizada uma coleta de solo na profundidade de 0-20 cm e a mesma foi submetida à análise química, os resultados indicaram a adubação com 300 kg ha⁻¹ do formulado N P K (4-20-20). Na realização do experimento todas as aplicações dos agroquímicos foram realizadas com conjunto trator-pulverizador, em que o trator operou na velocidade de 6 km h⁻¹.

Durante a condução do experimento foram utilizados os seguintes agroquímicos: Herbicida Roundup WG (Glifosate), na dosagem de 2,0 kg ha⁻¹, para dessecação das parcelas de plantio direto e controle de plantas daninhas na soja transgênica.

Inseticida (RS)-1-[2,5-dichloro-4-(1,1,2,3,3,3-hexafluoropropoxy)phenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl)urea (LUFENUROM) 50 g/L (5% m/v), na dosagem de 0,15 L ha⁻¹, para o controle da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*). Inseticida 3-(2-chloro -1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro) amine (TIAMETOXAM) 141 g/L (14,1% m/v) produto de reação compreendendo quantidades iguais de (S)-alfa-cyano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1R,3R)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoro prop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate e (R)-alfa-cyano-3-phenoxybenzyl(Z)-(1S,3S)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2, dimethylcyclopropane carboxylate (LAMBDA-CIALOTRINA) 106 g/L (10,6% m/v), na dosagem de 0,2 L ha⁻¹, no combate ao percevejo marrom (*Euschistus heros*).

Fungicida sistêmico 5,6 – dihydro – 2 – methyl - 1,4 – oxathi – ine – 3 – carboxanilide (CARBOXINA) 200 g/L (20,0% m/v), Tetramethylthiuram disulfide (TIRAM) 200 g/L (20,0% m/v) Etileno Glicol 249 g/L (24,9% m/v) no tratamento das sementes antes da semeadura, dosagem de 0,3 L para 10 kg de sementes.

Fungicida sistêmico Methyl N– (2–{[1– (4–chlorophenyl) –1H–pyrazol–3–yl]oxymethyl}phenyl) N–methoxy carbamate (PIRACLOSTROBINA) 133 g/L (13,3% m/v); (2RS, 3SR) –1– [3– (2–chlorophenyl) –2,3–epoxy–2– (4–fluorophenyl) propyl] –1 H–1,2,4–triazole (EPOXICONAZOL) 50 g/L (5,0% m/v) na dosagem de 0,5 L ha⁻¹. Todas as pulverizações utilizaram taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda.

5.6 Semeadura da cultura da soja

A semeadura da cultura da soja foi realizada no dia 05/12/2014, cuja cultivar utilizada foi a FTS Campo Mourão RR, geneticamente modificada para resistência ao Glifosato, possui hábito de crescimento semi-determinado e maturação em aproximadamente 120 dias. A distribuição de sementes na linha foi variada de acordo com o espaçamento entre linhas (tratamentos) que foi utilizado no experimento, desejando-se uma população final de 355.555 plantas por hectare. Em todos os tratamentos as semeadoras-adubadoras.

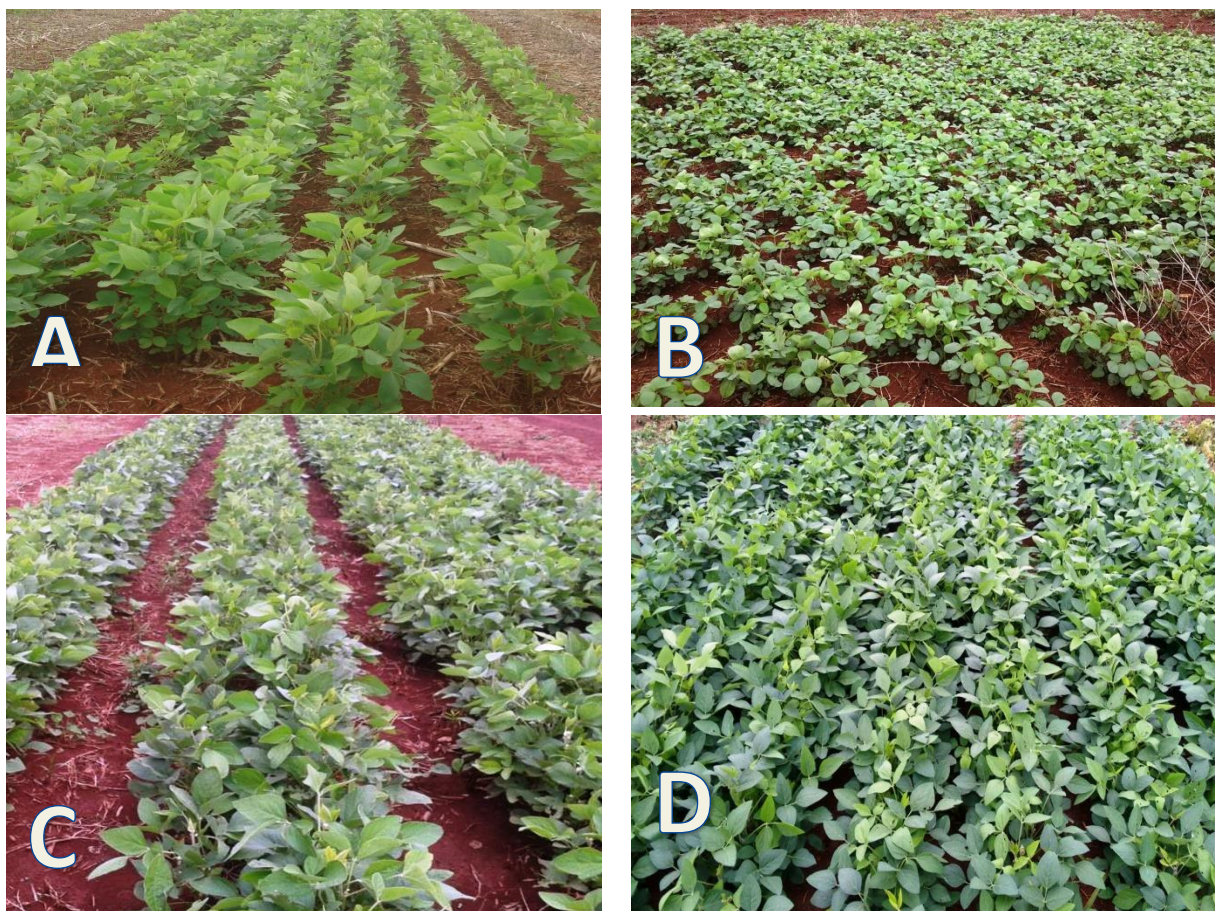


Figura 2. Vista parcial da área experimental (A: Espaçamento convencional; B: Espaçamento cruzado; C: Espaçamento linha dupla; D: Espaçamento adensado)

5.7 Equipamentos agrícolas

Para a aplicação dos defensivos agrícolas foi utilizado pulverizador marca Jacto modelo Falcon Vortex com capacidade de 600 L e barra de 14 m equipada com 29 pontas SF 11002, espaçados em 0,5 m com massa total de 730 kg e para tracionar um trator Massey Ferguson modelo 296 4x2 simples com potência de 83,16 kW (110 cv) no motor e massa total de 4463 kg.

Para tracionar as semeadoras-adubadoras foi utilizado trator da marca New Holland, modelo TS 110, 4x2 TDA com potência de 83,16 kW (110 cv).

Foi utilizada a semeadora-adubadora de precisão marca Jumil modelo Exacta air 2980 PD Pantográfica, para plantio direto, acionamento por controle remoto com sete linhas para semeadura de soja, o sistema de distribuição de adubo é composto por rosca sem fim, com depósito basculante, sulcação através de discos duplos desencontrados, seleção de sementes pneumático a vácuo (pressão negativa), com largura útil de 3360 mm e peso da máquina vazia 4330 kg.

Foi utilizada a semeadora de fluxo contínuo da marca Semeato, modelo SHM 15/17 (múltipla) com capacidade no depósito de sementes para 332 kg e no reservatório de adubo 580 kg. Com discos duplos defasados de 14" X 15" com limpadores internos autoajustáveis, compactador em "V" que é formado por duas rodas com banda de borracha e possui regulagem de pressão de mola e ângulo de abertura das rodas.

5.8 Teste verde rápido

O teste de verde rápido foi realizado em testemunhas e nas sementes amostradas pela semeadora-adubadora de precisão e semeadora-adubadora de fluxo contínuo. As sementes foram coletadas em todas as linhas no momento da semeadura da cultura da soja.

Para a avaliação de danos mecânicos, as sementes foram imersas em solução de verde rápido (0,1%) por cinco minutos. Em seguida foi realizada à lavagem das sementes em água corrente e secagem à sombra. A solução de verde rápido neste

procedimento foi utilizada como corante para identificar as regiões danificadas nas sementes e quantificá-las.

5.9 Características agronômicas da soja

5.9.1 Determinação da produtividade

As avaliações de produtividade foram efetuadas ao final do cultivo, coletando-se manualmente em cada parcela 1 m² da cultura com o auxílio de um quadrado de madeira para marcar a área. Após o beneficiamento o material colhido foi levado para laboratório e cada repetição pesada individualmente em balança digital, depois de realizada a correção para 13% o material colhido foi submetido a seguinte ponderação para o cálculo da produtividade média kg ha⁻¹.

- Convencional: (massa que deu no quadrado de 1 m² /3 linhas) x 22222
- Cruzado: (massa 1m² /6 linhas) x 44444
- Fileira dupla: (massa 1m² /1,5 linhas) x 12500
- Adensado: (massa 1m² / 6 linhas) x 50000

5.9.2 Determinação da população final de plantas

A população final de plantas foi determinada através da contagem das plantas existentes em 1 m², que foi demarcado no 30º dia após a semeadura da cultura da soja, a demarcação ocorreu no centro da parcela experimental para evitar o efeito da bordadura. No momento da colheita da cultura foram retiradas as plantas existentes em 1 m², contabilizadas e extrapolada para 1 hectare.

5.9.3 Determinação do teor de água dos grãos

Após a trilha de todas as amostras, foi determinado o teor de água dos grãos de cada parcela através de um determinador de umidade portátil marca Motomco modelo 999 FR, sendo realizada duas repetições por parcela.

5.9.4 Determinação da massa de 1000 grãos

Após a trilha e imediatamente após a determinação do teor de água dos grãos foram contados mil grãos através de um contador automático de grãos, de marca Sanick, modelo ESC 2011 sendo em seguida realizada a pesagem dos mesmos.

5.9.5 Determinação da altura de plantas e inserção de primeira vagem

A determinação da altura de plantas e inserção da primeira vagem foi realizada nas mesmas plantas de soja que foram colhidas em 1 m² de cada parcela com uma régua de 1,5 m de comprimento e precisão de 0,001 m medindo-se do colo da planta até a primeira vagem e do colo da planta até o ponto mais alto.

5.10 Teste de germinação

Para o teste de germinação foi utilizado como substrato papel Germitest em sistema de rolo previamente umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel, as sementes foram acondicionadas no papel e colocadas em germinador com temperatura constante de 20°C por dez dias. As avaliações foram realizadas no quarto (primeira contagem de germinação) e décimo dia por meio da contagem das sementes germinadas, conforme os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

5.11 Determinação do consumo de combustível do trator

Foi utilizado um fluxômetro, marca “Flowmate”, modelo Oval M-III, com escala de 0,01 L (Figura 4). Este fluxômetro gera um pulso a cada mililitro (ml) de combustível consumido pelo trator. Foram realizadas 4 repetições por tratamento.

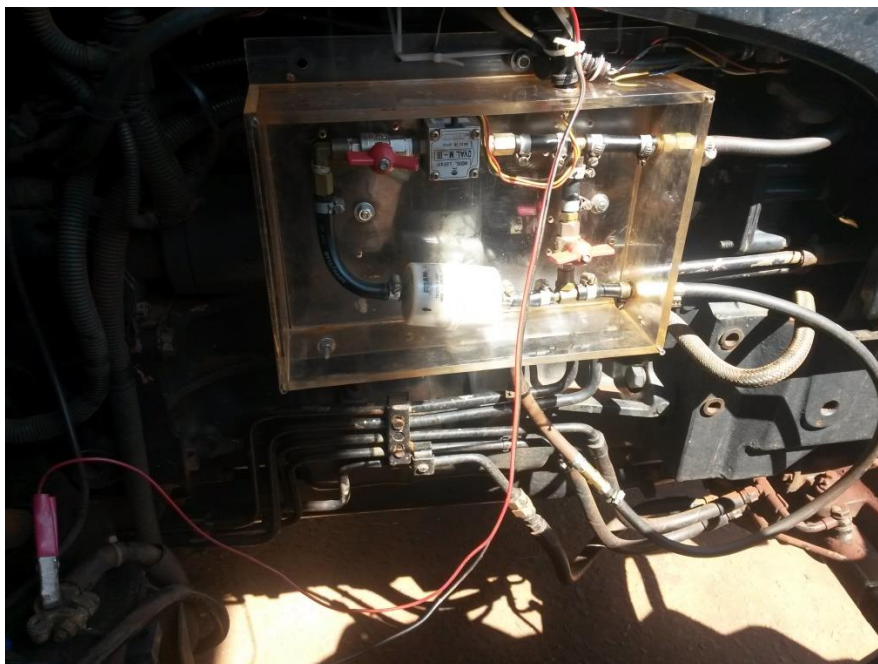


Figura 3. Instalação do fluxômetro utilizado no experimento para determinação do consumo de combustível do trator.

5.12 Sistema eletrônico de aquisição de dados

Para a aquisição e monitoramento dos dados, foi utilizado um sistema de medição (Figura 5) desenvolvido por Silva (1997). O sistema foi instalado na cabine do trator em que foi aferido o tempo gasto para semear as parcelas experimentais e o consumo de combustível do trator através da entrada “COMB-E” e da saída “COMB-S”.



Figura 4. Sistema eletrônico de aquisição de dados instalado na cabine do trator.

5.13 Consumo horário de combustível

O consumo horário de combustível foi obtido por meio dos valores de pulsos registrados para percorrer toda a unidade experimental (20 m). Cada pulso registrado equivale a um mililitro de combustível consumido pelo trator para realizar determinada operação, sendo determinados pela equação a seguir:

$$\text{CHC} = \frac{T_p}{\Delta t} \cdot 3,6 \quad (1)$$

Em que:

CHC = consumo horário de combustível (L.h^{-1})

T_p = somatório de pulsos registrados para percorrer a parcela experimental

Δt = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

3,6 = fator de conversão de ml.s^{-1} para L.h^{-1}

5.14 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi calculada em função dos valores de área útil de parcela e o tempo necessário para percorrê-la, de acordo com a fórmula:

$$CCE = \frac{A_{up}}{\Delta t} \cdot 0,36 \quad (2)$$

Em que:

CCE = Capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹)

A_{up} = Área útil de parcela trabalhada (m²)

Δt = Tempo gasto para percorrer a parcela (s)

0,36 = Fator de conversão de m².s⁻¹ para ha.h⁻¹

5.15 Consumo operacional de combustível

O consumo de combustível por área trabalhada foi obtido por meio da relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva, de acordo com a equação:

$$COC = \frac{CHC}{CCE} \quad (3)$$

Em que:

COC = Consumo operacional de combustível (L.ha⁻¹)

CHC = Consumo horário de combustível (l.h⁻¹)

CCE = Capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹)

5.16 Custo operacional

Os cálculos foram realizados conforme metodologias descritas por Mialhe (1974) e ASABE (2011). Os custos foram divididos em fixos, considerando-se juros, depreciação, alojamento, seguro, manutenção e mão-de-obra, e custos variáveis, admitindo-se combustível, óleos lubrificantes e graxas. O Custo operacional foi calculado para as operações de semeadura e pulverização, compreendendo a utilização dos tratores, semeadoras e pulverizador citados no item 5.5, não foi levado em consideração a colheita mecanizada, pois no experimento a colheita foi realizada manualmente.

As equações utilizadas para os cálculos são enumeradas e descritas a seguir.

5.16.1 Juros

O custo com juros foi determinado por meio da Equação 4, proposta pela ASABE (2011), empregando-se juro composto e levando em consideração o valor inicial (V_i) e o valor final (V_f), ou residual de sucata de cada máquina. O percentual da taxa de juros (T_j), foi estipulado em 7,5% conforme circular SUP/AGRIS n°07/2015 (BNDES, 2015), e incide sobre o preço médio da máquina.

$$J = \left[\frac{(V_i + V_f)}{2} \right] \cdot \left[\frac{T_j \cdot (1 + T_j)^{Hua}}{(1 + T_j)^{Hua} - 1} \right] \quad (4)$$

Em que:

J = custo horário com juros (R\$.h⁻¹);

V_i = valor de aquisição ou inicial (R\$);

V_f = valor final ou residual de sucata (10% do V_i);

T_j = taxa de juros (%);

Hua = número de horas de uso por ano.

Os valores de aquisição das máquinas são apresentados na Tabela 2, de acordo com AGRIANUAL (2015), assim como características de horas utilizadas por ano, vida útil em anos e em horas, conforme ASABE (2006) e ASABE (2011).

Tabela 2. Valor de aquisição, vida útil e horas utilizadas por ano das máquinas, conforme ASABE (2006) e ASABE (2011).

Máquinas	Valor de aquisição (R\$)	Vida útil em anos (L)	Horas utilizadas por ano (N)
Trator TS110	114.400,00	10	1.200
Trator MF296	130.077,00	10	1.200
Pulverizador	30.000,00	5	300
Semeadora de precisão	64.000,00	5	300
Semeadora fluxo contínuo	45.000,00	5	300

5.16.2 Depreciação

A depreciação dos tratores, semeadora e carretas, foi determinada pela Equação 5 proposta por Mialhe (1974), e foi estimada pelo método linear, considerando uma redução constante do valor da máquina para cada ano de vida útil.

$$D = \left[\frac{(V_i - V_f)}{V_{ua}} \right] \div H_{ua} \quad (5)$$

Em que:

D = custo horário com depreciação (R\$ h⁻¹);

V_{ua} = vida útil em anos da máquina.

5.16.3 Alojamento

O custo de alojamento refere-se ao juro do capital empregado na construção e manutenção do barracão para abrigo das máquinas. Foi calculada pela equação 6 sugerida por Mialhe (1974), utilizando um percentual “ Ta ” de 1% sobre o V_i de cada máquina ou implemento.

$$A = \frac{Ta \cdot Vi}{Hua} \quad (6)$$

Em que:

A = custo horário com alojamento (R\$ h⁻¹);

Ta = taxa de alojamento (1% do V_i).

5.16.4 Seguros

Custo com seguro é o valor designado para garantir e realizar a cobertura de riscos contra roubo, acidente, incêndio e outras causas que possam provocar a perda da máquina. Foi estimado pela Equação 7, proposta por Mialhe (1974), e considera um percentual Ts de 2% sobre o valor V_i da máquina.

$$S = \frac{T_s \cdot V_i}{Hua} \quad (7)$$

Em que:

S = custo horário com seguro (R\$.h⁻¹);

Ts = taxa de seguro (2% do V_i).

5.16.5 Mão-de-obra

O custo horário de mão-de-obra foi calculado utilizando o custo total dos trabalhadores envolvidos na operação de semeadura, pago pela propriedade em que foram realizados os ensaios. Ao custo total de cada trabalhador foi considerado o salário praticado pela propriedade, encargos sociais, impostos e despesas contábeis. Para operadores de máquinas o custo total mensal considerado foi de R\$2.700,00, e para ajudante geral o custo total mensal considerado foi de R\$1.990,00. Os cálculos do custo horário com mão-de-obra foram realizados conforme a Equação 8.

$$MO = \frac{\text{Custo total do trabalhador}}{Nt} \quad (8)$$

Em que:

MO = custo horário com mão-de-obra (R\$.h⁻¹);

Nt = número de horas mensais trabalhadas pelo trabalhador na operação de semeadura (312 horas).

5.16.6 Combustível

O custo horário com combustível dos tratores foi calculado de acordo com Mialhe (1974), sendo utilizada a Equação 9. O preço do combustível (Diesel) foi considerado R\$2,79 L⁻¹, de acordo com ANP (2015).

$$CCh = CHc \cdot Pc \quad (9)$$

Em que:

CCh = custo horário de combustível (R\$ h⁻¹);

CHc = consumo horário de combustível (L h⁻¹)

P_c = preço do combustível (R\$ L⁻¹).

5.16.7 Manutenção

O custo com manutenção das máquinas foi determinado pela Equação 10 designada por Mialhe (1974). A equação utiliza o coeficiente denominado fator de reparo (FR), o qual leva em consideração o número de horas utilizadas, severidade do uso, conservação, manutenções e habilidade dos funcionários. Sendo assim, os valores de FR adotados foram os sugeridos pela ASABE (2011), apresentados na Tabela 3.

$$M = \frac{FR \cdot V_i}{H_{ua}} \quad (10)$$

Em que:

M = custo horário com manutenção (R\$.h⁻¹);

FR = fator de reparo (%).

Tabela 3. Fator de reparo das máquinas, conforme ASABE (2011).

Máquinas	Fator de reparo (FR)	
	FR ₁	FR ₂
Tratores	0,003	2,0
Pulverizador montado	0,41	1,3
Semeadoras	0,32	2,1

5.16.8 Lubrificantes e graxas

Custo com óleos lubrificantes e graxas correspondem a 15% do valor despendido no CCh , sendo calculado através da Equação 11, proposta pela ASABE (2011).

$$CLG = 015 \cdot CCh \quad (11)$$

Em que:

CLG = custo horário com óleos lubrificante e graxas ($R\$ \cdot h^{-1}$).

5.16.9 Custo horário e custo operacional.

O custo horário e operacional fora obtido conforme as equações 12 e 13, respectivamente.

$$CH = J + D + A + S + MO + CCh + M + CLG \quad (12)$$

Em que:

CH = custo horário ($R\$ h^{-1}$);

J = custo com juros ($R\$ h^{-1}$);

D = custo com depreciação ($R\$ h^{-1}$);

A = custo com alojamento ($R\$ h^{-1}$);

S = custo com seguros ($R\$ h^{-1}$);

MO = custo com mão-de-obra ($R\$ h^{-1}$);

CCh = custo com combustível (R\$ h⁻¹);

M = custo com manutenção (R\$ h⁻¹);

CLG = custo com lubrificantes e graxas (R\$ h⁻¹).

$$CO = \frac{CH}{Cco} \quad (13)$$

Em que:

CO = custo operacional (R\$ ha⁻¹);

CH = custo horário (R\$ h⁻¹);

Cco = capacidade de campo operacional (ha h⁻¹).

5.16.10 Custo com insumos agrícolas

O custo com insumos foi calculado levando em consideração o valor para compra praticado no município de Botucatu-SP, dosagem utilizada e frequência de uso, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Dosagem, custo de aquisição dos insumos e valor utilizado por hectare.

Insumos	Quantidade de aplicações	Dosagem	Valor de compra R\$	Unidade	Valor utilizado por hectare (R\$)
Sementes FTS – Campo Mourão	-	355.555 sementes por hectare	431,20	Sc 40 kg	539,00
NPK 00-20-20	-	300 kg ha ⁻¹	59,00	Sc 50 kg	354,00
Glifosato	2	2 kg ha ⁻¹	23,27	5 kg	18,61
Inseticida Espinosade	2	15 ml ha ⁻¹	856,36	1 Litro	25,69
Inseticida Tiametoxan + Lambda cialotrina	2	0,2 L ha ⁻¹	330,13	1 Litro	132,52

Fungicida Carboxina + Tiram	1	0,3 L para 10 kg de sementes	30,25	Litro	45,50
Fungicida Piraclostrobina	2	0,5 L ha ⁻¹	108	Litro	54,00

5.17 Rentabilidade e relação custo/benefício

Com preço da soja estipulado em R\$1,05 kg⁻¹, de acordo com boletim n° 68 de 15/04/2015 do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2015), a rentabilidade dos tratamentos foi calculada subtraindo os custos totais (custos operacionais e custos com insumos) da renda bruta obtida com a venda dos grãos produzidos. A eficiência econômica foi determinada pela relação benefício/custo, obtida pela divisão da rentabilidade pelo custo total de produção (GUIDUCCI et al.; 2012).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão demonstrados os resultados obtidos para as características agronômicas da cultura da soja e dano mecânico nas sementes provocados pelas semeadoras, seguido pelo balanço econômico.

6.1 Características agronômicas da cultura da soja

Na Tabela 5 encontram-se os resultados obtidos na avaliação do diâmetro de haste. Observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos. Analisando os diferentes sistemas de semeadura utilizados no experimento, verifica-se que o tratamento cruzado apresentou maior diâmetro de haste do que os demais, diferindo estatisticamente do sistema Adensado. O sistema cruzado não diferiu estatisticamente do sistema convencional e fileira dupla.

Tabela 5. Efeito dos diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja para a característica diâmetro de haste (mm).

Sistema de semeadura	Semeadoras		CV %
	Fluxo Contínuo	Precisão	
Convencional	8,4 ^{AB}	8,2 ^{AB}	9,03
Adensado	7,6 ^B	7,4 ^B	
Fileira dupla	8,1 ^{AB}	8,4 ^{AB}	
Cruzado	9,5 ^A	9,4 ^A	

^{A,B} Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes entre os sistemas de semeadura na mesma semeadora diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%. CV: Coeficiente de variação.

Os resultados encontrados no experimento mostram que o arranjo de semeadura pode influenciar em algumas características agrônomicas, como é o caso do diâmetro de haste. Autores como Marchiori et al., (1999) e Souza et al., (2010) afirmam que as menores densidades de plantas m^{-1} apresentam maiores diâmetros de haste, provavelmente devido a uma maior competição intraespecífica que se estabelece nas maiores populações de plantas.

Os resultados encontrados na tabela 6 mostram que houve diferença estatística entre os sistemas de semeadura para a característica agrônômica altura de plantas. Verifica-se que o sistema de plantio convencional proporcionou maior altura de plantas de soja, diferenciando do sistema de plantio Adensado. É importante avaliar essa característica da cultura da soja, pois em algumas regiões com maior incidência de ventos pode ocorrer acamamento da cultura de plantas com porte mais alto. O acamamento dificulta a colheita mecanizada, o que pode proporcionar perdas consideráveis.

O sistema de semeadura cruzado não diferiu estatisticamente do sistema em fileira dupla e convencional, proporcionando uma altura de plantas consideravelmente alta, já o arranjo adensado proporcionou menor altura de plantas, isso pode ter ocorrido devido a maior competição por luminosidade, por se tratar de uma maior densidade de plantas.

Tabela 6. Efeito dos diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja para a característica altura de plantas.

Sistema de semeadura	Semeadoras		CV %
	Fluxo Contínuo	Precisão	
Convencional	59,5 ^A	56,2 ^A	6,19
Adensado	48,8 ^B	47,6 ^B	
Fileira dupla	52,0 ^A	55,8 ^A	
Cruzado	53,4 ^{AB}	52,6 ^{AB}	

^{A,B} Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes entre os sistemas de semeadura na mesma semeadora diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%. CV: Coeficiente de variação.

Avaliando características agronômicas da cultura da soja em sistema de semeadura cruzada, Riquetti (2014) observou que a menor altura foi obtida no sistema de linhas paralelas (convencional) e a maior na semeadura cruzada com o dobro de plantas e sementes, resultado diferente do encontrado neste trabalho. Segundo Mauad et al. (2010), isso pode ser explicado pelo fato de que com o aumento da densidade de semeadura, aumenta a competição intra-específica por luz, levando ao estiolamento nas maiores densidades.

O resultado encontrado nesta avaliação é corroborado pelo encontrado por Carvalho (2014), que em ensaio, utilizando diferentes sistemas de semeadura, constatou que o espaçamento reduzido apresentou menor altura de plantas.

Os sistemas de semeadura influenciaram na característica altura de inserção da primeira vagem (Tabela 7), em que o sistema de semeadura convencional diferiu estatisticamente dos demais sistemas, sendo maior do que todos os outros tratamentos. Essa característica da cultura é importante, pois determina a altura da barra de corte da colhedora. Alturas de inserção de primeira vagem inferiores a 10 cm podem ser um problema no momento da colheita mecanizada, pois pode acarretar na perda de grãos e diminuir a eficiência da colhedora.

Segundo Valadão Junior et al. (2008) recomenda-se que para um elevado rendimento operacional da colhedora e uma mínima perda na colheita da soja, em

terrenos planos, as cultivares de soja devem apresentar altura da primeira vagem igual ou superior a 10,0 cm.

Os resultados encontrados nesse experimento diferem dos encontrados por Carvalho (2014) que avaliando diferentes arranjos de semeadura da cultura da soja não verificou diferença estatística para a característica altura de inserção de primeira vagem.

Tabela 7. Efeito dos diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja para a característica altura de inserção de primeira vagem.

Sistema de semeadura	Semeadoras		CV %
	Fluxo Contínuo	Precisão	
Convencional	12,7 ^A	11,3 ^A	11,58
Adensado	9,4 ^B	9,1 ^B	
Fileira dupla	8,4 ^B	8,0 ^B	
Cruzado	9,8 ^B	9,5 ^B	

^{A,B} Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes entre os sistemas de semeadura na mesma semeadora diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%. CV: Coeficiente de variação.

Castoldi et al., (2009) encontraram resultados diferentes, para os autores quanto menor o espaçamento entrelinhas, maior será a altura de inserção da primeira vagem, pois o aumento da densidade populacional implica em aumento de competição entre plantas por luz, água e nutrientes, consequência do maior sombreamento.

Avaliando a população final de plantas de soja (Tabela 8), verifica-se que houve interação significativa entre os sistemas de semeadura e as semeadoras utilizadas. Nos tratamentos em que foi utilizada a semeadora de precisão, constata-se que o sistema de semeadura fileira dupla apresentou maior população final de plantas, diferindo estatisticamente do sistema de semeadura adensado e cruzado. Entretanto, quando foi utilizada a semeadora de fluxo contínuo, detectou-se que não houve diferença significativa entre os sistemas de semeadura.

O resultado encontrado no trabalho pode ser explicado devido ao maior número de passadas na mesma área utilizando a semeadora de precisão no momento da semeadura para os tratamentos adensados e cruzado, isso pode ter ocasionado o revolvimento do solo ou a compactação do solo na linha já semeada anteriormente.

Balbinot Junior et al., (2012), avaliando a semeadura cruzada de soja afirma que o cruzamento das linhas na segunda passada reduz a densidade de plantas, pois a segunda operação de semeadura, transversal à primeira, danifica a qualidade da primeira operação em virtude do revolvimento do solo ocasionado pela segunda passagem da semeadora e da compactação adicional imposta pelo rodado do trator e/ou semeadora.

Trabalhando com semeadura cruzada, Riquetti (2014) também confirma que a segunda passada no cruzamento das linhas compromete a qualidade da primeira, segundo o mesmo, em seu experimento aproximadamente 50%, em média, do total de sementes não resultaram em plantas no momento da colheita nos tratamentos com 720000 sementes por hectare, onde nota-se um número de plantas significativamente inferior à quantidade de sementes distribuídas, aproximadamente 45% em média.

Analisando as semeadoras que foram utilizadas no experimento, observa-se que houve diferença estatística em que a semeadora de precisão apresentou maior população final de plantas em todos os sistemas de semeadura. Isso pode ser explicado devido à semeadora de fluxo contínuo ter proporcionado maior dano mecânico a semente do que a semeadora de precisão, constatação que será explicada na tabela 9.

Tabela 8. Interação entre os sistemas de semeadura e as diferentes semeadoras para a característica estande final de plantas da cultura de soja.

Sistema de semeadura	Semeadoras		CV %
	Fluxo Contínuo	Precisão	
Convencional	214812 ^{bA}	251849 ^{aAB}	12,06
Adensado	183333 ^{bA}	233333 ^{aB}	
Fileira dupla	208333 ^{bA}	266666 ^{aA}	
Cruzado	177776 ^{bA}	222220 ^{aB}	

CV = coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras minúsculas diferentes entre as semeadoras no mesmo sistema de semeadura diferem estatisticamente pelo teste *F* a um nível de probabilidade de 5%; ^{A,B} Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes entre os sistemas de semeadura na mesma semeadora diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

Tourino et al. (2009), avaliando os mecanismos dosadores de semeadoras-adubadoras de precisão e fluxo contínuo constataram que a semeadora de fluxo contínuo apresentou menor densidade real de plantas na linha, corroborando com o resultado encontrado neste ensaio. Ainda segundo os autores, o baixo número de plantas nas linhas provocou o não fechamento da cultura e, conseqüentemente, uma grande infestação de plantas daninhas, causando ineficiência no seu controle.

Observa-se na Tabela 9 que o tipo de semeadora influenciou nas avaliações de número de vagens por planta, produtividade e dano mecânico. Houve diferença estatística quando a semeadura foi realizada com a semeadora de precisão. Foi constatado maior produção e maior número de vagens quando a semeadura foi realizada com a semeadora de precisão, nesse caso a maior produtividade obtida pela semeadora de precisão pode ter sido influenciada pela maior população final de plantas e maior número de vagens por planta.

A cultura da soja possui a capacidade de compensar condições adversas com maior desenvolvimento das plantas (ramificações laterais), as quais terão maior número de vagens e quantidade de grãos, compensando na produtividade final (YUSUF et al.,1999), entretanto, neste estudo nota-se que mesmo com essa característica compensatória o maior dano mecânico a semente impactou numa menor população de plantas, influenciando na

produtividade da cultura quando os sistemas de semeadura foram realizados com a semeadora de fluxo contínuo.

Tabela 9. Efeito principal dos diferentes tipos de semeadora para as características número de vagens por planta, produtividade, dano mecânico e germinação da cultura de soja.

Avaliação	Semeadoras		CV (%)
	Fluxo Contínuo	Precisão	
Número de vagens	47 ^b	62 ^a	14,96
Produtividade (kg)	2.468,6 ^b	2.939,2 ^a	12,69
Dano mecânico (%)	22 ^a	3 ^b	10,45
Germinação (%)	90,3 ^a	98,5 ^b	5,32

CV = coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras minúsculas diferentes entre as semeadoras diferem estatisticamente pelo teste F a um nível de probabilidade de 5%. CV: Coeficiente de variação.

Tourino et al., (2009), avaliando três tipos de semeadoras com diferentes mecanismos dosadores de sementes (fluxo contínuo, pneumático a vácuo e mecânico de discos horizontais) na semeadura da cultura da soja constatou que houve diferença estatística, com menor produtividade quando a utilizou a semeadora de fluxo contínuo, resultado que corrobora com o encontrado neste ensaio.

Nota-se que a porcentagem de dano mecânico encontrado na semeadora de fluxo contínuo foi 19 % maior que na semeadora de precisão, isso se deve principalmente ao tipo de mecanismo dosador de sementes utilizado em cada semeadora, o mecanismo dosador tipo rotor acanalado que é utilizado na semeadora de fluxo contínuo avaliado no experimento é indicado para a semeadura de sementes miúdas, desta forma, quando é utilizado para sementes miúdas acontece uma grande porcentagem de dano mecânico a semente.

Segundo a EMBRAPA (1999) os mecanismos dosadores de sementes mais indicados para semear a cultura da soja são o de disco horizontal e os pneumáticos. Os pneumáticos apresentam maior precisão, com menores ocorrências de danos à semente e são mais caros em relação aos mecanismos de distribuição de sementes mecânicos. No caso do disco horizontal, de uso mais comum, indica-se os com linhas duplas de furos (alvéolos), por

garantir melhor distribuição das sementes ao longo do sulco. Para maior precisão, primar pela utilização de discos com furos adequados ao tamanho das sementes.

Houve diferença estatística também na germinação das sementes de soja com menor porcentagem de germinação para as sementes que passaram pelo mecanismo dosador da semeadora de fluxo contínuo. A menor porcentagem de germinação tem influencia direta do dano mecânico causado a semente, conforme descreve Costa et al. (1996). Os autores afirmam que os danos contribuem para que água e microrganismos penetrem através das rachaduras no tegumento da semente quebrada ou danificada durante processos mecânicos como semeadura e colheita, trazendo como consequência redução do vigor das mesmas.

O resultado encontrado neste ensaio é semelhante ao descoberto por Silva et al. (1998), que verificaram diferenças entre dosadores de sementes na cultura do arroz. Os autores avaliaram os dosadores tipo disco horizontal e rotor acanalado e constataram que a maior porcentagem de germinação foi para as sementes que passaram pelo mecanismo tipo horizontal e a menor para o rotor acanalado.

Na tabela 10 estão descritos os resultados encontrados para as avaliações de produtividade e peso de 1.000 grãos nos diferentes sistemas de semeadura estudados no experimento. Observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos de modo que o sistema de semeadura em fileira dupla apresentou maior produtividade, diferindo estatisticamente dos demais arranjos de semeadura, na avaliação do peso de 1.000 grãos o resultado foi semelhante, pois o sistema em fileira dupla proporcionou maior peso aos grãos colhidos, diferindo estatisticamente do sistema convencional e do sistema adensado.

Carvalho (2014), analisando diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja, verificou-se que os sistemas de semeadura não influenciaram na produtividade da cultura da mesma, resultado diferente do encontrando neste trabalho. Segundo a mesma autora, os sistemas de semeadura convencional e fileira dupla tornam-se menos vantajosos, pois tiveram uma pulverização a mais para o controle de lagartas desfolhadoras do que os demais sistemas de plantios e o melhor desempenho fisiológico não refletiram em melhores produtividades.

Tabela 10. Efeito principal dos sistemas de semeadura da cultura da soja nas avaliações de produtividade e peso de 1.000 grãos.

Sistemas de Semeadura	Avaliações	
	Produtividade	Peso de 1.000 grãos
Convencional	2489,2 B	141,98 B
Adensado	2597,7 B	139,03 B
Fileira dupla	3179,0 A	148,02 A
Cruzado	2549,6 B	145,35 AB
CV(%)	12,69	4,12

CV = coeficiente de variação, ^{A,B} Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes entre os espaçamentos diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

A maior produtividade encontrada pelo sistema de fileira dupla pode ser explicada pela maior ramificação lateral observada no experimento e maior valor na avaliação do peso de 1.000 grãos, o que influenciou na produtividade final.

Moreira (2013) analisou a influência de diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja e diferentes tecnologias de pulverização, o mesmo afirma que não houve influência dos sistemas de semeadura, tampouco da tecnologia de pulverização na produtividade da soja. Contudo, analisando as produtividades obtidas neste estudo, observa-se que o sistema de semeadura em fileira dupla produziu mais que o sistema convencional e adensado, assim como este estudo.

Heiffig et al. (2006), notaram um crescimento proporcional na produtividade de acordo com a população final de plantas, destacando-se o espaçamento de 0,30 e 0,40 m entre linhas principalmente nas populações de 350.000 plantas por hectare.

O maior peso de 1.000 grãos encontrado no tratamento em fileira dupla pode ser explicado por conta da melhor eficiência de utilização da energia solar, pois as fileiras internas possuem distância de 0,60 m isso ajuda na melhor captação dessa energia resultando em maior concentração de assimilados nos grãos.

Segundo alguns autores, pode-se encontrar efeito da população de plantas na massa de 1.000 grãos. Weber et al. (1966), obtiveram aumento dessa característica

relacionado ao aumento da população de plantas. Peixoto et al. (2000), obtiveram resultados em que, com o aumento da densidade de plantas na linha houve incremento da massa de grãos.

Heiffig et al. (2006) notaram em seu estudo que a medida em que aumentaram o espaçamento entre fileiras, o peso de 1.000 grãos também aumentou, corroborando com o que foi constatado neste ensaio.

6.2 Balanço econômico

Na Tabela 11 estão descritos os dados referentes à capacidade de campo efetiva, custo horário e custo operacional. Observando a capacidade de campo efetiva nos tratamentos, nota-se que quando foi utilizada a semeadora de precisão houve diferença de valores de acordo com o sistema de semeadura que foi empregado, onde o sistema que apresentou maior valor foi o de semeadura convencional. Esse valor pode ser explicado devido ao menor tempo gasto para percorrer a área útil da parcela. Nos outros tratamentos ocorreu o decréscimo da capacidade de campo efetiva devido à duplicidade da operação de semeadura, pois devido à dificuldade da semeadora de precisão semear em espaçamentos reduzidos, foi necessário duas passadas sobre a mesma área.

O fato evidenciado acima se aplica a semeadora de fluxo contínuo apenas no tratamento de semeadura cruzada, pois com a vantagem de semear em espaçamentos reduzidos, não é necessário repetir a operação de semeadura na mesma área.

Analisando o custo operacional dentro do sistema de semeadura convencional, nota-se um pequeno decréscimo no tratamento em que foi utilizada a semeadora de fluxo contínuo, esse resultado foi obtido devido ao menor consumo de combustível aferido no trator quando tracionou essa semeadora, além do menor valor de aquisição.

Simões e Silva (2012), analisando o custo operacional de um trator na operação de irrigação pós-plantio de eucalipto, constatou que o custo de combustível foi o que mais pesou nos custos operacionais (39,56%), o qual, fundamentalmente, representa entre 35 e 45% do custo total de produção, assim como afirma Ibañes e Rojas (1994), seguido do custo de mão de obra que representou aproximadamente 35%.

Tabela 11. Capacidade de campo efetiva (CCE), custo horário (Ch), custo operacional (CO), custo com insumos (Ci) e custo total da semeadura de soja.

Tratamentos	CCE (ha h⁻¹)	Ch (R\$ h⁻¹)	CO (R\$ ha⁻¹)	Ci (R\$ h⁻¹)	Custo total (R\$/ha)
Convencional/semeadora de precisão	2,21	174,66	79,03	1.169,32	1.248,35
Convencional/semeadora de fluxo contínuo	2,21	153,83	69,60	1.169,32	1.238,92
Cruzado/semeadora de precisão	1,10	312,31	283,91	1.169,32	1.453,23
Cruzado/semeadora de fluxo contínuo	1,10	270,65	246,04	1.169,32	1.415,36
Adensado/semeadora de precisão	1,10	312,31	283,91	1.169,32	1.453,23
Adensado/semeadora de fluxo contínuo	2,21	153,83	69,60	1.169,32	1.238,92
Linha dupla/semeadora de precisão	1,10	312,31	283,91	1.169,32	1.453,23
Linha dupla/semeadora de fluxo contínuo	2,21	153,83	69,60	1.169,32	1.238,92

Analisando o custo operacional constata-se que ele pode triplicar de valor dependendo do sistema de semeadura e/ou da semeadora que foi utilizada. Comparando o sistema de semeadura cruzada com o sistema de semeadura convencional nota-se o dobro do custo operacional para a semeadura cruzada para ambas às semeadoras.

De acordo com Silva et al. (2015), os custos operacionais nos sistemas de semeadura cruzada são superiores ao sistema convencional, sendo 50,78% mais oneroso. Este maior custo operacional nas semeaduras cruzadas é resultado do maior uso do trator e da semeadora-adubadora, as máquinas submetidas a este sistema de semeadura apresentam maior consumo de combustível e necessitam de mais manutenções e hora máquina.

Considerando os sistemas de semeadura adensada e fileira dupla, define-se que a diferença entre os custos operacionais apresentados é devido a menor utilização do conjunto trator-semeadora, pois quando a semeadura foi efetuada com a semeadora de fluxo contínuo foi realizada apenas uma operação na mesma área.

Analisando o custo com insumos, verifica-se que não há diferença entre os tratamentos, isso ocorreu porque todos os tratamentos foram submetidos à mesma demanda de insumos, adubação, sementes e pulverizações.

Carvalho (2014), afirma que levando em consideração a produtividade obtida em seu experimento e os custos fitossanitários, os sistemas de semeadura convencional e fileira dupla são menos vantajosos, pois os mesmos tiveram uma pulverização a mais do que os demais tratamentos no controle de lagartas desfolhadoras.

Pode-se observar na tabela 12 os dados necessários para certificar a rentabilidade dos tratamentos utilizados no experimento. Constata-se que o tratamento linha dupla com semeadora de precisão foi o que obteve melhor relação benefício/custo, apesar de ser necessário uma passada a mais de semeadora para realizar esse tratamento, a alta produtividade encontrada compensou o custo a mais pela segunda passada.

Observa-se que o tratamento que obteve menor rentabilidade foi o sistema de semeadura adensada operando com a semeadora de fluxo contínuo, os fatores que influenciaram essa rentabilidade foram à baixa produtividade e o alto custo operacional devido ao maior número de operações conforme mencionado no paragrafo anterior.

Já para Tourino et al. (2002), o sistema adensado de plantio de soja é uma tendência atual, em que as densidades menores, em torno de 10 a 15 plantas m^{-1} , vêm sendo utilizadas com sucesso, pois além de não reduzirem significativamente a produtividade, proporcionam redução nos custos de produção.

Segundo Silva et al. (2015), o custo operacional da semeadura cruzada da soja é mais elevado que a semeadura convencional em linhas paralelas. A semeadura convencional em linhas paralelas apresenta maior receita líquida do que a semeadura cruzada da soja sendo, desta forma, mais rentável para o produtor. O resultado encontrado pelos pesquisadores corrobora com os resultados encontrados neste estudo.

Tabela 12. Relação benefício/custo dos diferentes arranjos de semeadura.

Tratamentos	Produtividade (kg ha⁻¹)	Renda bruta (R\$ ha⁻¹)	Renda líquida (R\$ ha⁻¹)	Relação benefício/custo
Convencional/semeadora de precisão	2.747	2.884,35	1.645,43	1,33
Convencional/semeadora de fluxo contínuo	2.231	2.342,55	1.094,20	0,88
Cruzado/semeadora de precisão	2.670	2.803,50	1.350,27	0,93
Cruzado/semeadora de fluxo contínuo	2.526	2.652,30	1.236,94	0,87
Adensado/semeadora de precisão	2.683	2.817,15	1.363,92	0,94
Adensado/semeadora de fluxo contínuo	2.416	2.536,80	1.297,88	1,05
Linha dupla/semeadora de precisão	3.656	3.838,80	2.385,57	1,64
Linha dupla/semeadora de fluxo contínuo	2.627	2.758,35	1.519,43	1,23

A semeadura cruzada surgiu no Brasil como uma forma de produzir mais e melhorar a rentabilidade dos produtores, contudo, esses estudos comprovam que esse tipo de arranjo é mais oneroso que o sistema convencional de semeadura, isso se deve ao elevado custo operacional do sistema, culminando em dispêndio para os produtores.

Segundo a Embrapa (2013), a principal desvantagem do sistema de semeadura cruzada é o dispêndio de horas máquina para realizar a semeadura que é duplicado, implicando em aumento de custos fixos e variáveis, como depreciação de tratores e semeadoras, combustível e mão-de-obra.

Riquetti (2014), afirma que o sistema de semeadura cruzada não apresenta vantagens em termos energéticos, econômicos e agrônômicos quando comparado com o sistema em linhas paralelas.

O mesmo autor salienta que mesmo se esse sistema de semeadura fosse vantajoso em relação à semeadura convencional, a semeadura cruzada requer o dobro do tempo para ser efetuada, o que reflete na necessidade de uma quantidade maior de conjuntos trator-semeadora ou de um maior tempo para sua realização. Se a opção for por aumentar a frota de máquinas, há um investimento elevado em função da realização da semeadura dentro da janela de semeadura adequada, sem um retorno financeiro por conta da produtividade de grãos.

A redefinição do arranjo de plantas, pela diminuição do espaçamento entre fileiras e/ou aumento da densidade populacional, pode ser uma excelente oportunidade para que o produtor aumente sua rentabilidade sem custos adicionais (PEREIRA et al., 2008). Porém, para que isso ocorra, é necessário que existam máquinas capazes de reduzir os espaçamentos para que os produtores possam escolher o melhor arranjo para sua região, caso contrário o aumento de operações vai deixar o sistema dispendioso.

O sistema de semeadura adensado com semeadora de precisão apresentou relação benefício/custo menor que o arranjo adensado com semeadora de fluxo contínuo mesmo obtendo maior produtividade, isso se deve ao fato de que nesse tratamento a semeadura foi realizada com a semeadora de fluxo contínuo e como a mesma semeia a um espaçamento de adensado, não foi preciso realizar a segunda operação na entrelinha como no tratamento que utilizou a semeadora de precisão.

7 CONCLUSÕES

Depois das análises dos resultados e de acordo com as condições em que o ensaio foi instalado, pode-se concluir que:

- O arranjo em Fileira Dupla apresentou maior produtividade que os demais arranjos.
- O sistema de semeadura mais rentável, ou seja, o que obteve melhor relação benefício/custo foi o arranjo em Fileira Dupla utilizando a semeadora de precisão.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS –ANP. **Sistema de levantamento de preços – São Paulo**, resumo I - Diesel, período de 08/02/15 a 14/02/15. Disponível em: http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp. Acesso em: 22/02/15.

ALMEIDA, R. A.; BARCELLOS, L. C.; XIMENES, P. A. Danos mecânicos ocasionados por sistemas dosadores de sementes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, p.17-22, 2003.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - **Agrianual**. São Paulo. 2015.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; NETO, V. B. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 71-78, 2001.

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Standards 2006**. Agricultural machinery management. St. Joseph, 2006. ASAE EP 495.5.

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Standards 2011**. Agricultural Machinery Management. St. Joseph: ASABE. D 497.7: 8 p. 2011.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. Manole, São Paulo. 1987. 307 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; PANISON, F. Avaliação do sistema de plantio cruzado da soja – cultivar de hábito determinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, 2012, Cuiabá. **Anais...** Londrina: Embrapa-Soja, 2012, p. 01-04.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO – BNDES. **Circular SUP/AGRIS nº02/2015-BNDES**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/circulares/2015/15Circ002_AGRIS.pdf. Acesso em: 22/02/15.

BEUTLER, J. F. **Parâmetros de solo e máquinas na semeadura direta de soja e milho em duas coberturas de solo sobre campo natural**. 2005. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2005.

BINGER, B. R.; HOFFMAN, E. **Microeconomics with calculus**. 2 ed. New York: Addison Wesley, 1998. 633 p.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectivas. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 1-17.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395p. 2009.

BOLLER, W.; GAZOLA, O.; SEVERO, J. L.; BERBER, D. C.; SQUILLJEE, E. **Avaliação dos efeitos de mecanismos dosadores de semeadoras sobre danos mecânicos e fisiológicos em sementes de soja (Glycine max L. Merrill)**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20, 1991, Londrina. Trabalhos apresentados... Londrina: SBEA, 1991. 1181-1192p

CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja tecnologia da produção II**. Piracicaba FEALQ, 2000. p. 81-119.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina - PR, utilizando o modelo CERES-Maize. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 291-300, 2004.

CARVALHO, M. M. **Influência de sistemas de semeadura na população de pragas e nas características morfofisiológicas em cultivares de soja**. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2014.

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

CASTRO, E. R. TEIXEIRA, E. C.; FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. L. TEORIA DOS CUSTOS. IN: SANTOS, M. L.; LÍRIO, V. S.; VIEIRA, W. C. **Microeconomia aplicada**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009. p.193-234.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MENDONÇA, J. L. Influência do espaçamento entre plantas em características agrônômicas de dois genótipos de soja-hortaliça de ciclo tardio em Jaboticabal-SP. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.37, n.2, p.61 - 66, 2009.

CHIAVEGATO, E. J.; SILVA, A. A.; GOTTARDO, L. C. B. Densidade e arranjo de plantas em sistema adensado. In: BELOT, J. L.; VILELA, P. A. **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: Embasamento e Primeiros Resultados**. 2010. Cuiabá: Defanti Editora, 2010. p. 121-134.

CLEMENTE, A.; GUTERVIL, C.; TAFFAREL, M. Projeção e aferição de custos nas propriedades rurais familiares do Centro-Sul do Paraná. **Custos e Agronegócio**, v.6, p.39-59, 2010.

CORDEIRO, M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. 2000. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Safra 2012/2013. Décimo segundo levantamento, setembro 2013. Brasília: Conab, 2012. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Safra 2013/2014. Primeiro levantamento, outubro 2013. Brasília: Conab. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_22_11_06_31_boletim_ingles_outubro_2013.pdf. Acesso em: 15 dez. 2014.

COSTA, J.A. et al. Redução no espaçamento entre linhas e potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Edição Março/Abril, p. 22-28, 2002.

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PEREIRA, J. E. Avaliação de metodologia alternativa para o teste de tetrazólio para sementes de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 305-312, maio. 1998.

COSTA, N.P. da; MARCOS FILHO, J. Temperatura e pré-condicionamento de sementes de soja para o teste de tetrazólio. **Scientia Agrícola**, v.51, p.158-168, 1994.

COSTA, N. P.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MESQUITA, C. M.; TAVARES, L. C. V. Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 232-237, 1996.

DAROISH, M.; HASSAN, Z.; AHAD, M. Influence os Planting Dates and Plant Densities on Photosynthesis Capacity, Grain and Biological Yeld of Soybean [Glycine max (L.) Merr.] in Karaj, Iran. **Journal of Agronomy**, Tehran, Iran, v.4, n.3, p.230- 237, 2005.

DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. (Circular, 88). Londrina: IAPAR, 1995. 42p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 412p. 1999.

EMBRAPA. **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia - safras 2009/2010 e 2010/2011**. - Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 94 p. - (Documentos/Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 247).

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2012/2013)**. Londrina: Embrapa Soja. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=69&op_page=294. Acesso em: 11 jan. 2014.

EMBRAPA SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000**. Londrina, 1999. p.103, 109. (Embrapa Soja. Documentos, 131).

EMBRAPA Soja. **Soja em números (Safra 2010/2011)**. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294. Acesso em 20 de julho de 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?lang=es&iso3=PRY>> Acesso em: 14 dez. 2013.

FAPRI. World agricultural outlook 2011. Center for Agricultural and Rural Development - Iowa State University, 2011. Disponível em: <<http://www.fapri.iastate.edu/publications>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

FONSECA, N.R. **Qualidade fisiológica e desempenho agrônômico de soja em função do tamanho das sementes**. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu, SP. 68f. 2007.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. in: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

FREITAS, S.M.; MARGARIDO, M.A.; BARBOSA, M.Z.; FRANCA, T.J.F. Análise da dinâmica de transmissão de preços no mercado internacional de farelo de soja, 1990-99. **Agricultura em São Paulo**, v.48, n.1, p.1-20, 2001.

FURLANI, C.E.A; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; LEVIEN, R.P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p. 388-395, maio/agosto. 2004.

GARCIA, A.; PIPOLO, A. E.; LOPES, I. DE O. N.; PORTUGAL, F. A. F. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. **Embrapa Circular técnica**, ISSN 1516-7860. Londrina, PR 2007.

GARCIA, R. F.; QUEIROZ, D. M.; FERNANDES, H. C.; PETERNELLI, L. A. Desempenho operacional de conjunto trator-recolhedora de feijão. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n. 1, Abril. 2015.

GUIDUCCI, R. do C. N.; ALVES, E. R. de A.; LIMAFILHO, J. R.; MOTA, M. M. Aspectos metodológicos da análise de viabilidade econômica de sistemas de produção. **In:** GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R.; MOTA, M. M. Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso. Brasília, DF: Embrapa, p. 17-78, 2012.

HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the World 2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security**, Beltsville, v. 3, p. 5-17, 2011.

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.

IBAÑEZ M & ROJAS E. **Costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola**. Concepción, Universidad Concepción. 58 p. 1994.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRICOLA – IEA. **Boletim IEA n°33 (02/2015)**, Preços médios recebidos pelos produtores no estado de São Paulo nos principais escritórios de desenvolvimento rural. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/precosdiarios/>. Acesso em 25/02/15.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P. Efeito da classificação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) por tamanho sobre a qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.13, p.59-68, 1991.

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 a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 169 p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultura da Soja. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>. Acesso em: 21 dez. 2013.

MARCHIORI, L. F. S. CAMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 383-390, 1999

MARCOS FILHO, J. **Soja: tecnologia da produção: avaliação da qualidade de sementes de soja**. Piracicaba: G. M. S. Câmara, p. 206-243, 1998.

MARONI, J. et al. **Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contactado semilla-suelo durante la siembra**. In: BARBOSA, O.A. (ed.). Avances en ingeniería agrícola 2003-2005. San Luis: CADIR 2005, p. 9-14. 2005.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; ANTUNES, J. F. G.; OLIVEIRA, M. D. M.; OKAWA, H. **Custos: sistema de custo de produção agrícola**. Informações Econômicas, São Paulo, v.24, n.9, setembro, 1994.

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

MELGAR, R. **Fertilizando para altos rendimientos: Soja en latinoamérica**. Buenos Aires: Agroeditorial, 2011. 179 p.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 p.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas**. 2004. 100 f. Tese (Livre-Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. Trator e implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J.L.M. STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 409-436

MOLIN J. P., MILAN M., NESRALLAH M. G. T., CASTRO C. N., GIMENEZ L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**. v. 26 p. 759-767, 2006.

MOREIRA, C. A. F. **Depósitos de pulverização em diferentes sistemas de semeadura de soja no manejo da ferrugem asiática**. 2013. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2013.

NETTO, D. A. M.; BORBA, C. S.; OLIVEIRA, A. C.; AZEVEDO, J. T. ANDRADE, R. V. Efeito de diferentes graus de dano mecânico na qualidade fisiológica de sementes de sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1475-1480, 1999.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p. (Documentos).

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.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, Agosto, 2010.

PIACENTINI, L.; SOUZA, E. G.; OPAZO, M. A. U.; NÓBREGA, L. H. P.; MILAN, M. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas maqcontrol1. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.609-623, 2012.

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. 4, n. 2, p. 183-188, 1998.

PROCÓPIO, S. O.; et al. Avaliação do sistema de plantio cruzado da soja: cultivar de hábito indeterminado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, Cuiabá. **Anais...** Londrina: Embrapa-Soja, p. 01-04, 2012.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto agrônomo/Fundação IAC. 1997. 285p

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

REIS, Â V.; FORCELLINI, F A. Identificação de requisitos de clientes para o projeto de um dosador de precisão para sementes miúdas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, Abril. 2006.

RIQUETTI, N. B. **Produtividade, eficiência energética e econômica em semeadura cruzada de soja**. 2014. 72 p. Tese (Doutorado em agronomia/Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista, 2014.

RODRIGUES, S. M.; SILVIE, P.; DEGRANDE, P. E.. O sistema de cultivo adensado do algodoeiro e os artrópodes - pragas. In: Belot, J. L.; Vilela, P. A. **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: Embasamento e Primeiros Resultados**. Cuiabá: Editora Defatini, p. 239-249, 2010.

SCHMIDT, A. V. C. J. DE LEON,.; GAUSMANN, E.; DE MELO, I. J. B. **Semeadora-adubadora para plantio direto**. Emater, Porto Alegre. 56 p. 1999.

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.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 178 p.

SILVA, P. R. A.; TAVARES, L. A. F.; SOUSA, S. F. G.; CORREIA, T. P. S.; RIQUETTI, N. B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.293–297, 2015.

SILVA, J. G. DA, J.; KLUTHCOUSKI, L. F.; STONE, H.; AIDAR, I. P. DE OLIVEIRA,.; FERREIRA, E. Desempenho de semeadoras-adubadoras no estabelecimento da cultura do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33 n.1 p. 63-70, 1998.

SILVA, K.R; MINETTI LJ, FIEDLER NC, VENTUROLI F, MACHADO EGB & SOUZA AP Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, v.28 p.361-366, 2004.

SILVA, S. L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. Botucatu, 2000. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; BANTEL, C. A. Análise operacional e econômica do processamento de madeira de Eucalipto com "Hypro" em região montanhosa. **Revista Árvore**, v.35, p.505-514, 2011.

SIMOES, D.; SILVA, M. R. da. Desempenho operacional e custos de um trator na irrigação pós-plantio de eucalipto em campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, Abril. 2012.

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

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: _____. **Soja: Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 13-30.

TORN, M.C.; LARROSA, L.A.; SOZA, E.L.; DONATO DE COBO, L.B. **Factores que afectan la densidade de siembra de soja (Glycine max (L) Merrill), en un dosificador de flujo continuo**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25, 1996. Bauru, Anais... 1996. Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD-Rom.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. 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.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SILVA, L. A.; ALMEIDA, L. G. P. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.39, n.1, p. 241 – 245, 2009.

VASCONCELOS, R. C. et al. Estimativa dos custos de produção de milho na safra agrícola 1998/1999 no município de Lavras - MG. **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 283-291, 2002.

WEBER, C.R.; SHIBLES, R.M.; BYTH, D.E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, p. 99-102, 1966.

YUSUF, Y. Y.; SARHADI, M., GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. **International Journal of Production Economics**, Radarwe, v. 62, p. 33-43, 1999.

9. APÊNDICES

Apêndice 1. Composição de Custo Operacional dos conjuntos Trator+Semeadora de precisão, Trator+semeadora de fluxo Contínuo e Trator+Pulverizador.

Variáveis Analisadas	Trator 110 CV + Semeadora de Precisão	Trator 110 CV + Semeadora de fluxo contínuo	Trator 120 CV + Pulverizador
J	0,05	0,04	0,04
D	48,16	36,76	26,58
A	3,21	2,58	1,95
S	6,44	5,17	3,91
MO	7,69	7,69	7,69
COMBUSTÍVEL	29,77	26,87	10,38
LUBRIFICANTES E GRAXAS	4,47	4,03	1,56
REPAROS E MANUTENÇÃO	38,57	30,34	25,53
TOTAL	138,36	113,48	77,64

J: Juros; D: Depreciação; A: Alojamento; S: Seguros; MO: Mão-de-obra.