

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

Ravel Feron Dagios

**AVALIAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO NA SEMEADURA DO MILHO (*Zea
mays*) UTILIZANDO UMA SEMEADORA DE PRECISÃO**

Santa Maria, RS
2018

Ravel Feron Dagios

**AVALIAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO NA SEMEADURA DO MILHO (*Zea mays*)
UTILIZANDO UMA SEMEADORA DE PRECISÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, área de concentração em Geotecnologias Aplicadas à Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luis Santi

Santa Maria, RS
2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dagios, Ravel Feron
Avaliação da sobreposição na semeadura do milho (*zea mays*) utilizando uma semeadora de precisão / Ravel Feron Dagios.- 2018.
74 p.; 30 cm

Orientador: Antônio Luis Santi
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2018

1. Agricultura de precisão 2. Controle de seção 3. Densidade de semeadura 4. Economia de semente 5. Produtividade I. Santi, Antônio Luis II. Título.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Ravel Feron Dagios. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Angélico Carniel, nº 144, Bairro Centro, Segredo, RS. CEP: 96910-000

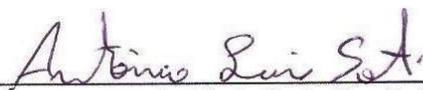
Fone: (051) 99688-4051; E-mail: ravelfdagios@gmail.com

Ravel Feron Dagios

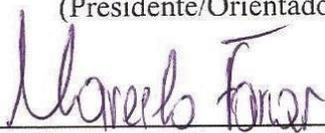
**AVALIAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO NA SEMEADURA DO MILHO (*Zea mays*)
UTILIZANDO UMA SEMEADORA DE PRECISÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, área de concentração em Geotecnologias Aplicadas à Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

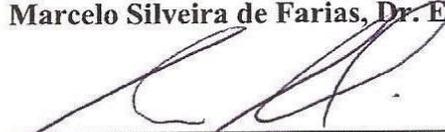
Aprovado em 02 de março de 2018



Antônio Luis Santi, Dr. Eng. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Marcelo Silveira de Farias, Dr. Eng. (UFSM)



Maurício Roberto Cherubin, Dr. Eng. (USP) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2018

A minha mãe, **Noeli**, pelo admirável exemplo de força, fé e apoio incondicional, dedico.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida, saúde, superação, fé e por esta conquista realizada.

A minha mãe **Noeli**, que me concedeu a vida, pela confiança depositada, que jamais mediu esforços durante toda a minha vida. Ao meu pai, **Wilson** (*in memoriam*), que apesar do pouco tempo que vivemos juntos, foi o meu maior exemplo de vida, e que, de algum lugar, observa o meu caminho e torce pelo meu sucesso. Ao meu irmão **Rossano**, pela nossa grande amizade, confiança, respeito e toda ajuda na elaboração desse trabalho.

A minha namorada **Daiane**, pelo apoio, paciência, estando sempre ao meu lado passando tranquilidade e torcendo por mim.

A **Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Colégio Politécnico da UFSM** e ao **Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP)**, pela oportunidade e ensinamento.

Ao Prof Dr. **Antônio Luis Santi**, pela orientação desse trabalho, ensinamentos, paciência, atenção e companheirismo.

Ao Prof Dr. **Maurício Cherubin**, pelo imenso auxílio na parte estatística do trabalho.

A **SLC Comercial** (Concessionária John Deere), pela compreensão, disponibilidade e incentivo na execução desse trabalho, em especial ao gerente **Marcio** que sempre foi um grande apoiador e incentivador desse projeto, aos amigos e colegas do **Departamento de Soluções Integradas**.

A agropecuária **São Marcos**, pelo incentivo e por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho. Em especial, ao amigo **Marcos Soldera** e aos funcionários: **Jair, Luciano, Fabiano, Cleber, Antonio, Nelcindo, Bressa, Volmar, Clairton, John**, pela disposição e auxílio no campo e a todos aos demais funcionários pela ajuda.

Aos amigos, **Junior, Andrei e Daniel**, pela amizade e hospedagem em todo o período da realização do mestrado.

A **banca examinadora**, pela colaboração, esforço e compreensão.

A todos meus **colegas de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão**, pela troca de experiência e conhecimento nesses anos de convívio.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para execução desse trabalho, o meu muito obrigado a todos vocês!

“Tentar adquirir experiência apenas na teoria, é
como tentar matar a fome apenas lendo o cardápio”

Jordan Mustache

RESUMO

AVALIAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO NA SEMEADURA DO MILHO (*Zea mays*) UTILIZANDO UMA SEMEADORA DE PRECISÃO

AUTOR: RAVEL FERON DAGIOS
ORIENTADOR: ANTÔNIO LUIS SANTI

O processo de semeadura é uma das operações mais importantes envolvidas no sistema de produção agrícola, sendo a sua execução com qualidade um fator primordial para o sucesso da produção. Um problema comum observado nessa operação, é a área de sobreposição de sementes entre passadas, devido a geometria do talhão, largura útil de trabalho do equipamento e direção adotada de semeadura. Assim, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a produtividade do milho em duas zonas, com sobreposição e sem sobreposição de semeadura. Visando isso, buscou-se especificadamente determinar a área de sobreposição de semeadura do talhão, determinar o número de plantas por parcela, número de espigas por parcela, comprimento total da espiga, diâmetro total da espiga, número de fileiras da espiga, número de grãos por espigas, massa de mil grãos e determinar a produtividade de grãos. O experimento foi conduzido em uma propriedade agrícola, situada no município de Tupanciretã-RS, em uma área de 52,43 hectares que possui sistema de irrigação do tipo aspersão na qual utilizou-se um trator agrícola, equipado com piloto automático integrado de fábrica, com correção cinemática em tempo real (RTK) e uma semeadora de precisão, equipada com desligamento de seção no dosador de semente, composta por 33 linhas de semeadura. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, sob forma fatorial 3x2 com quatro repetições, composto por três híbridos de milho em duas zonas de manejo, sem sobreposição de semeadura (SSS) e com sobreposição de semeadura (CSS). Os resultados indicaram que, a área total de sobreposição de semeadura encontrada no talhão, foi de 1,33 hectares, representando 2,54% da área, onde ocorreu a semeadura no tratamento SSS, alcançamos nos componentes de rendimento de milho, um maior comprimento total da espiga, uma maior massa de mil grãos e uma quantidade maior de grãos por espigas, em contrapartida, onde ocorreu a semeadura no tratamento CSS, apresentou maior número de espigas por hectare. A produtividade do milho nas zonas a qual houve a semeadura no tratamento CSS teve uma redução de 27,7 sacas por hectare, representando uma redução de 11,36%, comparadas as zonas onde ocorreu a semeadura no tratamento SSS.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão, Controle de seção, Densidade de semeadura, Economia de semente, Produtividade.

ABSTRACT

EVALUATION OF OVERPOSITION ON CORN SEEDING (*Zea mays*) USING A PRECISION PLANTER

AUTHOR: RAVEL FERON DAGIOS

ADVISOR: ANTÔNIO LUIS SANTI

The seeding process is one of the most important operations involved in the agricultural production system, and the quality of execution is a primordial factor for the success of the production. A common problem observed in this operation is the overlapping area of seeds among rows, because of field geometry, equipment width and adopted direction of seeding. Then, the general objective of the work was to evaluate maize productivity in two zones, with overlapping and without overlapping seeding. Aiming for it, it was sought to determine the area of overlapping seeding of the field, determining the number of plants per parcel, number of heads per parcel, total ear length, total ear diameter, number of ear rows, number of grains by ear, a thousand grain mass, and grain yield determination. The experiment was realized in an agricultural property located in the town of Tupanciretã-RS, in a 52.43 hectares area that has center pivot irrigation system, they used an agricultural tractor, equipped with standard auto pilot, with real-time kinematic (RTK) correction and a precision seeder, equipped with section disconnection in the seed dispenser, composed of 33 seeding lines. The experimental design was a randomized complete block design, in a 3x2 factorial form with four replications, composed of three corn hybrids in two management zones, without overlapping of seeding (SSS) and with overlapping of seeding (SSC). The results indicated that the total area of seeding overlap found in the field was 1.33 hectares, representing 2.54% of the area, where seeding occurred in the SSS treatment we reached in maize yield components total spike, a greater mass of a thousand grains and a larger amount of grains per spike, in contrast, where there was seeding occurred in the CSS treatment, presented a higher number of spikes per hectare. The yield of maize in the seeding areas in the CSS treatment, there was a higher number of spikes per hectare. The yield of maize in the seeding areas in the CSS treatment had a reduction of 27.7 sacks per hectare, representing a reduction of 11.36%, compared to the areas where seeding occurred in the SSS treatment.

Key Word: Precision agriculture, Section control, Seeding density, Seed economics, Productivity

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fases fenológicas do milho.....	19
Figura 2 - Produção x consumo do milho no mundo.	20
Figura 3 - Produção de milho na primeira e segunda safra no Brasil.....	21
Figura 4 - Sequência de elementos em uma linha da semeadora-adubadora de precisão.	25
Figura 5 - Semeadora controlada manualmente pelo operador (A) Semeadora controlada pelo sistema automático de controle de seção (B).....	27
Figura 6 - Talhões localizado no Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul (A) e Talhões localizado nos Estados Unidos, no Estado do Kansas (B).	28
Figura 7 - Mecanismos de desligamento automático, Trimble/TruCont's pneumatic (A), AgLeader's electric (B), Horsch's electric drive (C), Precision Planting's eletronic vDrive (D) e John Deere RowCommand electric (E).	30
Figura 8 - Módulo eletrônico de alimentação (A), Embreagem elétrica acoplado no dosador de semente (B).....	31
Figura 9 - Custo médio da produção de milho de alta tecnologia safra 2016/2017.	34
Figura 10 - Imagem de satélite da área experimental.	36
Figura 11 - Sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central.	37
Figura 12 - Parcela área experimental	38
Figura 13 - Conjunto trator + semeadora.	39
Figura 14 - Embreagem elétrica equipada na unidade dosadora de semente.	41
Figura 15 - Mapa de taxa de semeadura (A) e disposição dos híbridos no talhão (B).	42
Figura 16 - Configuração da distribuição das seções.	43
Figura 17 - Regulagem eliminador de sementes duplas (A), configuração de sobreposição (B) e configuração do tempo de ligar e desligar (C).....	43
Figura 18 - Disposição das linhas de semeadura.	44
Figura 19 - Sobreposição de semeadura do milho.....	48
Figura 20 – Avaliação dos parâmetros da espiga (A), medidor de umidade (B) e balança de precisão (C).....	49
Figura 21 - Área de sobreposição no talhão.	51
Figura 22 - Áreas com sobreposição de semeadura, CSS (1), áreas sem sobreposição de semeadura, SSS (2).....	54

Figura 23 - Comprimento total de espiga até onde possui grão, diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por espiga, de três híbridos de milho (a), semeados sem sobreposição de semeadura (SSS) e com sobreposição de semeadura (CSS) (b), em Tupanciretã-RS.	56
Figura 24 - Comprimento de espiga até onde possui grão, SSS (1) e CSS (2)	57
Figura 25 - Número de plantas por hectare e número de espigas por hectare de três híbridos de milho (a), semeados sem sobreposição de semeadura (SSS) e semeados com sobreposição de semeadura (CSS) (b), em Tupanciretã-RS.	59
Figura 26 - Comprimento total da espiga e massa de mil grãos de três híbridos de milho, semeados sem sobreposição de semeadura (SSS) e com sobreposição de semeadura (CSS), em Tupanciretã-RS.	61
Figura 27 - Tamanho das espigas, híbrido I (1), híbrido II (2), e híbrido III (3), no sistema sem sobreposição de semeadura (SSS) (a) e com sobreposição de semeadura (CSS) (b).	63
Figura 28 - Produtividade de grãos por hectare de três híbridos de milho (a), semeados sem sobreposição (SSS) e com sobreposição de semeadura (CSS) (b) em Tupanciretã-RS.	64
Figura 29 - Tempo de retorno com base na economia de semente e o incremento de produtividade nas áreas as quais tiveram sobreposição de semeadura.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Empresas que oferecem o sistema de controle automático de seção e o modo de funcionamento.	29
Tabela 2 - Análise química do solo.	37
Tabela 3 - Tratamentos experimentais	38
Tabela 4 - Descrição do trator utilizado no experimento.	40
Tabela 5 - Descrição da semeadora utilizada no experimento.	41
Tabela 6 - Principais especificações dos híbridos e simbologia.....	42
Tabela 7 - Tratamentos culturais.	45
Tabela 8 - Valores de umidade do solo nos estágios fenológicos da planta.....	46
Tabela 9 - Informações da chuva e/ou irrigação da área experimental.	47
Tabela 10 - Parcelas de sobreposição e o seu respectivos e os seus tamanhos.	52
Tabela 11 - Sobreposição total do talhão, separado pelos híbridos.....	53
Tabela 12 - Valores de F da análise da variância (ANOVA) para os componentes de rendimento do milho.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAN	Controller area network
Cfa	Clima temperado úmido com verão quente
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CSS	Com sobreposição de semeadura
CTE	Comprimento total da espiga
CTGE	Comprimento total de grãos até onde possui grãos
DE	Diâmetro da espiga
E.	Economia
E. S.	Economia de sementes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
MMG	Massa de mil grãos
N. S. S. H.	Número de sementes sobreposta por híbridos
NEH	Número de espigas por hectare
NFGE	Número de fileira de grãos por espiga
NPH	Número de plantas por hectare
ONU	Organização das Nações Unidas
P. S. S. M.	Preço do saco de semente de milho
P.I	Peso inicial da amostra
PG	Produtividade de grãos
R 1.0	Florescimento e polinização
R 4.0	Grãos Pastosos
R 6.0	Grãos duros, maduros fisiologicamente
RTK	Real Time Kinematic
S. H.	Semeadura por híbrido
SAS	Statistical Analysis Sytem
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
Sob. H.	Sobreposição por híbrido
SSS	Sem sobreposição de semeadura
TDA	Tração dianteira auxiliar
TDP	Tomada de potência

U.A	Umidade atual da amostra
U.C	Umidade corrigida
U.F	Umidade desejada final da amostra
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USDA	United States Department of Agriculture
V11	Emissão do pendão
V5	Colmo formado
Ve	Emergência

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grau
°C	Graus célsius
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
Cm	Centímetros
cm ³ /cm ³	Centímetros cúbicos por centímetros cúbicos
cmolc/l	Centimol por litro
CTC	Capacidade de troca de cátions
cv	Cavalo vapor
g	Gramma
g/l	Gramas por litro
H+Al	Hidrogênio mais Alumínio
ha	Hectare
K	Potássio
kg	Quilograma
kg. ha ⁻¹	Quilograma por hectare
kgf	Quilograma força
kW	Quilowatt
L	Litro
l. ha ⁻¹	Litro por hectare
l/min	Litros por minuto
m	Metros
m ²	Metros quadrados
MAP	Mono-Amonio-Fosfato
Mg	Magnésio
mg dm ⁻³	Miligramma por decímetro cúbico
mm	Milímetros
MO	Matéria orgânica
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
rpm	Rotação por minuto
SMP	Shoemaker Mac lean e Pratt

t.ha ⁻¹	Toneladas por hectare
und ha ⁻¹	Unidade por hectare

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 A importância da cultura do milho	19
2.2 Fatores que afetam a produtividade do milho	22
2.3 Agricultura de precisão.....	22
2.4 Semeadoras-adubadoras de precisão	23
2.5 Mecanismo de desligamento automático de seção para semeadoras	26
2.5.1 Mecanismo de desligamento automático de seção sistema RowCommand™	30
2.7 Custo de produção	31
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	36
3.2 Delineamento experimental.....	38
3.3 Caracterização do conjunto trator + semeadora	39
3.4 Caracterização da semente de milho	42
3.6 Tratamentos culturais	44
3.7 Irrigação.....	45
3.8 Determinação de sobreposição de semeadura e coleta dos dados em campo	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Sobreposição de semeadura.....	51
4.2 Componentes de rendimento do milho.....	55
4.3 Viabilidade econômica da tecnologia.....	65
5 CONCLUSÃO.....	67
6 REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

A população mundial, atualmente, é de 7,6 bilhões de pessoas, podendo alcançar a marca de 8,6 bilhões até 2030, e de 9,8 bilhões em 2050, com esse ritmo, o planeta deve chegar em 2100 com 11,2 bilhões de seres humanos, alcançando um crescimento de 47,3 % em relação ao presente, conforme a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017) e, conseqüentemente a demanda de alimentos deverá ser duplicada até o final da primeira metade do século (FAO, 2009).

Para que esses níveis sejam atingidos, a produção de alimentos terá de aumentar cada vez mais, tornando-se necessário o aumento da produtividade, criando oportunidades para os países produtores. Com o crescente aumento no consumo e a população se tornando cada vez mais urbana, deixando de produzir seu próprio alimento, o emprego de novas tecnologias na área agrícola, será capaz de contribuir de forma a tornar os processos mais hábeis. A agricultura de precisão vem apresentando soluções para potencializar o aumento da produtividade das culturas, assim como reduzir o impacto das operações agrícolas ao ambiente.

O Brasil possui, atualmente, cerca de 61,2 milhões de hectares cultivados, destinados à produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, com uma estimativa de colheita para o ano de 2018, de aproximadamente 226,1 milhões de toneladas. Onde o milho (*Zea mays*) que ocupa cerca de 16,6 milhões de hectares produzindo em torno de 85,8 milhões de toneladas, redução de 7,3% na produção em relação ao ano anterior conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018).

Ocupando importante posição no mercado econômico nacional e mundial, o milho é rico em proteína e em carboidratos, e contribui como matéria-prima na fabricação de diversos produtos de alimentação humana e animal. No entanto, o custo de produção é alto, e assim, para que seja economicamente rentável, a obtenção de níveis elevados de produção por unidade de área se torna indispensável.

Com a agricultura em plena expansão, a mecanização agrícola assume um papel importante no aumento da produção desta cultura, buscando aumentar a eficiência de trabalho, o que faz com que seja possível o cultivo de áreas maiores, com o mesmo maquinário, tornando os processos mais eficientes.

Como a operação de semeadura propicia o estabelecimento da cultura, ela é considerada como uma das mais importantes na produção agrícola. Para a realização desta operação, é fundamental a utilização de semeadoras-adubadoras de precisão, uma vez que estes implementos têm a finalidade de alocar a semente e o fertilizante eficientemente no solo.

Conforme o Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2017), o custo médio das despesas com insumos para a produção de milho de alta tecnologia nas regiões produtoras do Brasil fica próximo a de R\$ 1.331,00 por hectare, destes R\$ 397,00 por hectare, cerca de 29,8%, é representado apenas pelo custo da semente. Como o potencial de produção da cultura é em grande parte determinado no momento da semeadura, vários fatores podem afetar essa operação, podendo estes serem relacionados à semente, a condição do solo e equipamento, bem como ao operador.

Devido à necessidade de cobrir toda área de semeadura, muitas vezes ocorre à semeadura de um local específico várias vezes, ocasião comum em cabeceiras e arremates do talhão, isto ocorre devido à largura útil do equipamento, formato do talhão e até mesmo da direção de semeadura, além do custo extra com sementes, nesses locais ocorre uma superpopulação de plantas (John Deere, 2017). A presença de maior ou menor densidade de plantas, podem respectivamente implicar na concorrência entre as mesmas ou um mau aproveitamento de área útil, implicando na redução da produtividade, até mesmo oferecendo condições ideais para a ocorrência de doenças na cultura. A falta de regularidade de espaçamentos entre plantas pode resultar em perdas de produção superior a 15% na cultura do milho (Delafosse, 1986).

Sendo assim, a qualidade e redução nos custos na produção são objetivos básicos, portanto, a redução no custo da semeadura é fundamental importância quando se deseja obter alta lucratividade, aliado principalmente ao preço da semente do milho, que representa um valor bastante significativo no custo final de produção em uma agricultura cada vez mais competitiva e com retorno muitas vezes incerto. A partir disso, compreende-se a necessidade de estudos que abranjam tal questão, buscando alternativas que possam vir a reduzir os custos de produção, bem como, manter a qualidade de semeadura e obter maior produtividade.

Deste modo, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a produtividade do milho em duas zonas, com sobreposição e sem sobreposição de semeadura.

Visando isso, buscou-se especificadamente determinar a área de sobreposição de semeadura do talhão, determinar o número de plantas por parcela, número de espigas por parcela, comprimento total da espiga, diâmetro total da espiga, número de fileiras da espiga, número de grãos por espigas, massa de mil grãos e determinar a produtividade de grãos.

A hipótese, nas zonas onde ocorreram a sobreposição de semeadura, espera-se ter uma redução nos componentes de rendimento de milho, afetando diretamente a produtividade final, além disso, ocasionando uma maior deposição de sementes, acarretando em um maior custo em comparação as zonas onde não sofreram a sobreposição de semeadura.

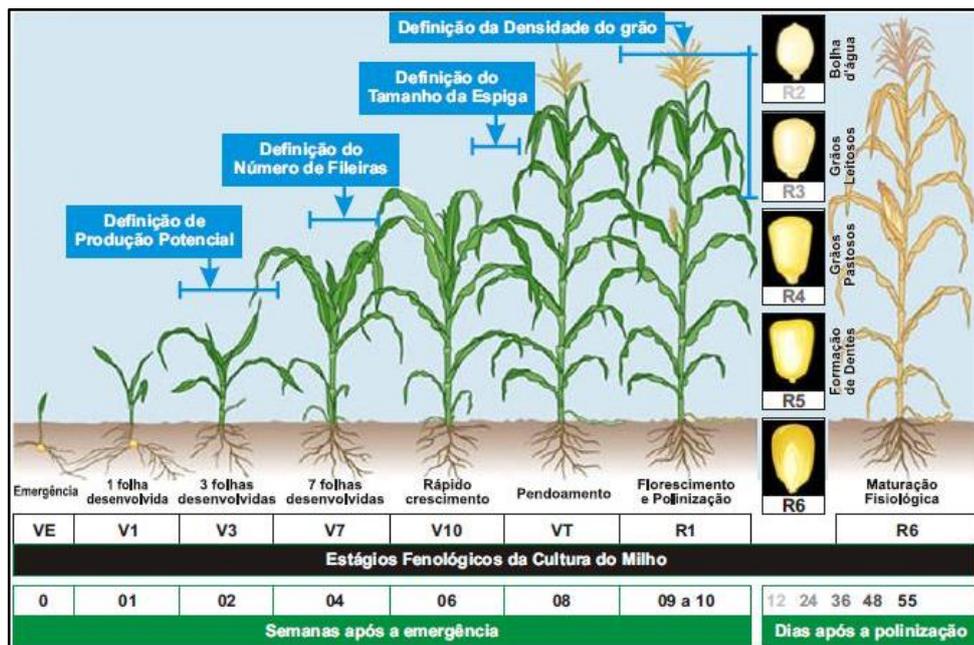
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da cultura do milho

O milho é um dos cereais mais importantes cultivados em grande parte do mundo, de origem do continente americano, é uma gramínea de porte ereto podendo alcançar uma altura superior a quatro metros, é uma espécie anual, com baixo afillamento, classificado no grupo de plantas C-4 de metabolismo fotossintético, com ampla adaptação a diferentes condições climáticas. Para expressar o máximo potencial produtivo, a cultura requer temperaturas altas, ao redor de 24 a 30 °C, com elevada radiação solar e adequada disponibilidade hídrica. Seu principal componente é o amido. O milho é muito utilizado para o consumo humano e animal, sendo um alimento essencialmente energético, apresentando um teor de proteína na faixa de 9 a 11% (BARROS e CALADO, 2014).

O ciclo vegetativo da cultura do milho é variável, considerando desde genótipos precoces, onde a polinização pode ocorrer dentro de 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias após a sementeira. No Brasil, a cultura apresenta um ciclo vegetativo variando entre 110 a 180 dias após a emergência, em função da caracterização dos genótipos, ciclos superprecoce, precoce e tardio (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). A Figura 1, ilustra as fases fenológicas da planta de milho.

Figura 1 - Fases fenológicas do milho.

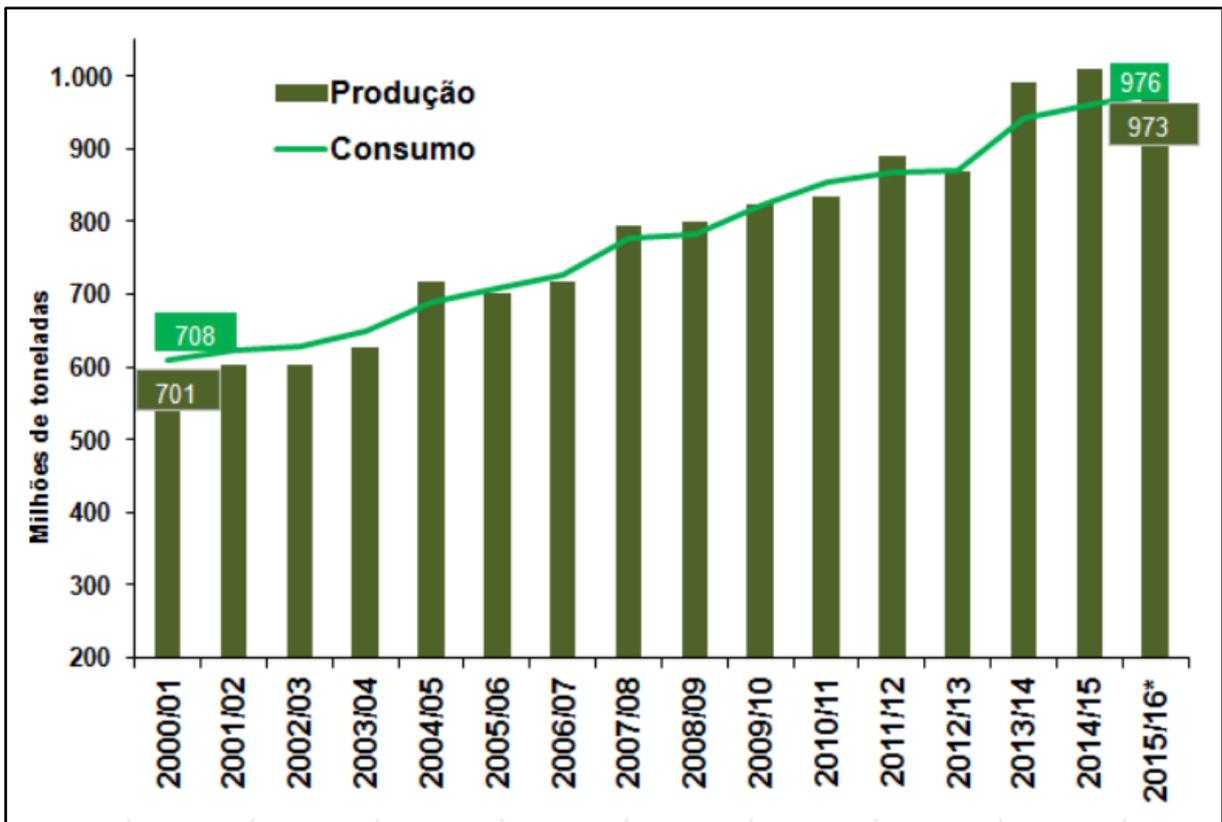


Fonte: SILVA, 2012.

Contribui como matéria-prima para a produção de centenas de produtos alimentícios, muitos dos quais contribuem para a melhoria da alimentação humana, servindo também de fonte de proteína na alimentação de animais produtores de carne, leite e ovos, oferecendo ainda, uma ampla variedade de produtos de uso não alimentar, além disso, na indústria para a produção de cola, amido, óleo, álcool, flocos alimentícios, bebidas e de muitos outros produtos de suma importância no nosso dia a dia. Grande parte do milho produzido tanto no mundo quanto no Brasil é destinado a fabricação para a alimentação animal (Souza e Braga 2004; Embrapa, 2008)

Conforme a SLC Agrícola (2015), a demanda mundial de milho cresceu 3,3% ao ano nos últimos 10 anos, puxada principalmente pelo aumento da produção e do consumo na alimentação humana e animal e pelo uso para a fabricação de biocombustíveis. Na Figura 2, é apresentado a demanda mundial do cereal.

Figura 2 - Produção x consumo do milho no mundo.



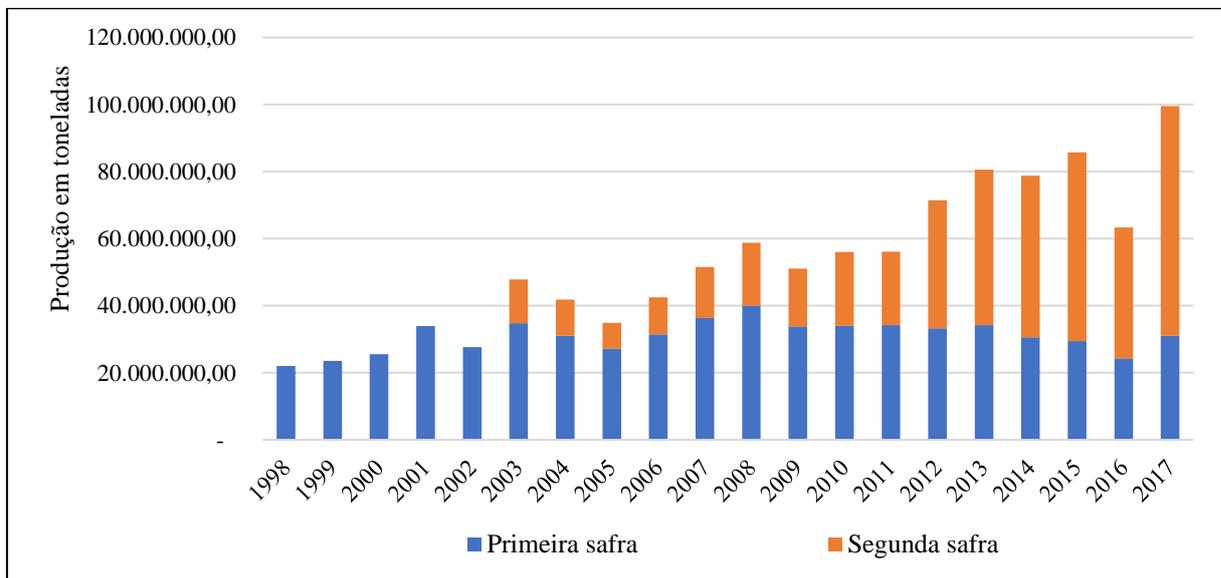
Fonte: SLC Agrícola, 2015.

Conforme Miranda, Duarte e Garcia (2012), os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, China e Brasil. No Brasil cultiva-se milho em todas as regiões, com destaque às regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, as quais são responsáveis pelo maior percentual de produção do país, apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não

se destaca entre os países com maior nível de produtividade, devido ao grande número de pequenos produtores com baixa tecnologia que cultivam esse cereal (SOARES, 2010).

Segundo a SLC Agrícola (2015), observa que o Brasil mais que dobrou a produção de milho nos últimos 10 anos. Werner (2007), explica que esse incremento de produtividade ao longo dos anos pode ser explicado com o avanço tecnológico na produção do grão, como a melhoria na qualidade genética da semente, novas cultivares mais produtivas, mudanças no manejo da cultura, através da semeadura direta e a utilização da agricultura de precisão. A Figura 3, ilustra a produção de milho na primeira e segunda safra no Brasil.

Figura 3 - Produção de milho na primeira e segunda safra no Brasil.



Fonte: IBGE, 2018.

O Brasil possui atualmente, cerca de 61,2 milhões de hectares cultivados, com uma estimativa de colheita para o ano de 2018, de aproximadamente 226,1 milhões de toneladas, destinados à produção de cereais, leguminosas e oleaginosas. Onde, o milho que ocupa cerca de 16,6 milhões de hectares produzindo em torno de 85,8 milhões de toneladas, constituindo 5,3 milhões de hectares produzindo em torno de 26,5 milhões de toneladas na primeira safra e para a segunda safra atingindo 11,3 milhões de hectares produzindo em torno de 59,3 milhões de toneladas, redução de 7,3% na produção em relação a ano anterior conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).

Conforme Fancelli e Dourado Neto (2000), o milho possui alto potencial produtivo, e é bastante responsivo ao uso da tecnologia, se beneficiando muito de técnicas modernas da semeadura à colheita.

O milho por ser um dos cereais de maior importância econômica no mundo, constitui uma das espécies vegetais mais estudadas, constantemente busca-se novos procedimentos para obtenção de variedades mais produtivas e economicamente rentáveis através dos programas de melhoramento (EMBRAPA, 2008).

Esses fatos justificam a importância da cultura, tanto para o consumo animal, quanto para o consumo humano, garantindo ao país um grande potencial para o seu cultivo e geração de empregos no setor agrícola.

2.2 Fatores que afetam a produtividade do milho

O sucesso no estabelecimento de uma cultura depende do solo e do ambiente, que deve ser adequado à germinação da semente, emergência da plântula e seu desenvolvimento (DELMOND, 2009). Além disso, Mialhe (2012), reforça que o sucesso da cultura a ser instalada depende em grande parte, da qualidade do material de propagação, que este seja corretamente selecionado, apresentando alto poder germinativo excelente vigor e não esteja contaminado por pragas e doenças.

Para obter elevadas produtividades de milho, é necessário adequar as práticas de manejo aos recursos disponíveis no ambiente, entre as estratégias de manejo que podem ser utilizadas para aumentar a produtividade, a adequação da época de semeadura e a densidade de plantas são fatores fundamentais que proporcionam as melhores condições ao desenvolvimento das plantas (Serpa et al., 2012).

A determinação da densidade de plantas de milho depende de vários fatores, como época de semeadura, cultivar, fertilidade e adubação do solo e nível de disponibilidade hídrica, sendo que esse último é o que mais limita a produtividade de grãos (Matzenauer et al., 2002). Além disso Piana et al. (2008), ressalta que o incremento da densidade de plantas aumenta a competição intraespecífica pelos recursos hídricos disponíveis, pois propicia aumento do índice de área foliar, conseqüentemente, da evapotranspiração da cultura, ocasionando a redução da produtividade da cultura.

2.3 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão tem tido excelente contribuição para a evolução dos patamares produtivos nos últimos anos, dos quais se destacam, o uso de instrumentos de navegação por satélite nas máquinas agrícolas, o mapeamento da variabilidade de fertilidade dos solos, a

aplicação de fertilizantes e corretivos com taxas variáveis monitoramento instantâneo de condições de planta, controle georreferenciado de pulverização e a utilização de mapas de produtividade. Além disso, vem se destacando no cenário internacional nos últimos anos, e tem avançado como nenhuma outra na direção da sustentabilidade. (SANTI, et al., 2013).

A agricultura brasileira tem passado por uma série de transformações, baseadas na modernização e intensificação dos processos produtivos, visando tornar os sistemas produtivos mais competitivos diante de uma conjuntura econômica desfavorável. Esse novo momento da agricultura exige que os agricultores invistam cada vez mais na tecnificação e gestão de suas atividades. Neste cenário, a agricultura de precisão, que, desde sua introdução no Brasil, no final da década de 90, até os dias atuais, tem constantemente evoluído, possibilitando ao produtor rural suas aplicações nas diferentes etapas do processo produtivo e como uma ferramenta de gerenciamento agrícola, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias referentes à eletrônica embarcada em máquinas agrícolas, com o intuito de se obter melhor qualidade, otimização e redução dos custos de operação (RUSSINI, CHERUBIN, BERAS, 2016).

Além disso, Werner (2007) observa que os crescentes índices de produção e produtividade, que podem ser observados neste setor, vêm sendo influenciados pelos investimentos dos agricultores, que por sua vez, buscam se desenvolver cada vez mais com o que há de mais moderno em técnicas de produção e no parque de máquinas.

Por sua vez, Molin, Amaral e Colaço (2015), reforçam que ao mesmo tempo que há uma crescente demanda por alimentos, energia e demais produtos oriundos da agricultura, os recursos naturais estão cada vez mais escassos. Diante desse contexto, a produção agrícola precisa ser otimizada, visando à sustentabilidade e à segurança alimentar. A gestão dos cultivos deve buscar o máximo rendimento das culturas com o menor consumo de insumo possível, ou seja, com o consumo racional e otimizado desses. Nesse conjunto, a agricultura de precisão se mostra prática essencial e ganha cada vez mais adeptos.

2.4 Semeadoras-adubadoras de precisão

O uso de máquinas e equipamentos agrícolas, segundo SILVA et al. (1985), visa o aumento da eficiência do trabalho, permitindo a exploração de área maior, obter melhores produtividades e ao mesmo tempo proporcionar a realização das atividades de produção em tempo hábil.

No Brasil, logo após o término da Segunda Guerra Mundial, foi introduzido um grande volume de máquinas agrícolas importadas, que se disseminaram por várias regiões do País. A partir de 1960, com a implantação da indústria nacional de tratores, o subsetor industrial metal mecânico de máquinas e implementos é fortemente estimulado, surgindo os primeiros modelos de semeadoras-adubadores tratorizadas (MIALHE, 2012). Muitos especialistas consideram a semeadora como o implemento mais importante depois do trator, observa Silveira (1989).

Dentre os equipamentos agrícolas mais utilizadas na agricultura, a semeadora-adubadora é uma das que sofreu maiores alterações, tendo em vista sua grande importância no sistema de produção agrícola, pois a realização com qualidade, da operação de semeadura é um fator primordial para o sucesso da produção (DAGIOS, FRANCETTO e FERREIRA, 2012). De acordo com Machado et al. (1996), as semeadoras em linha podem, segundo a forma de distribuição das sementes no solo, classificou-se em semeadoras em linha de precisão e semeadoras em linha de fluxo contínuo.

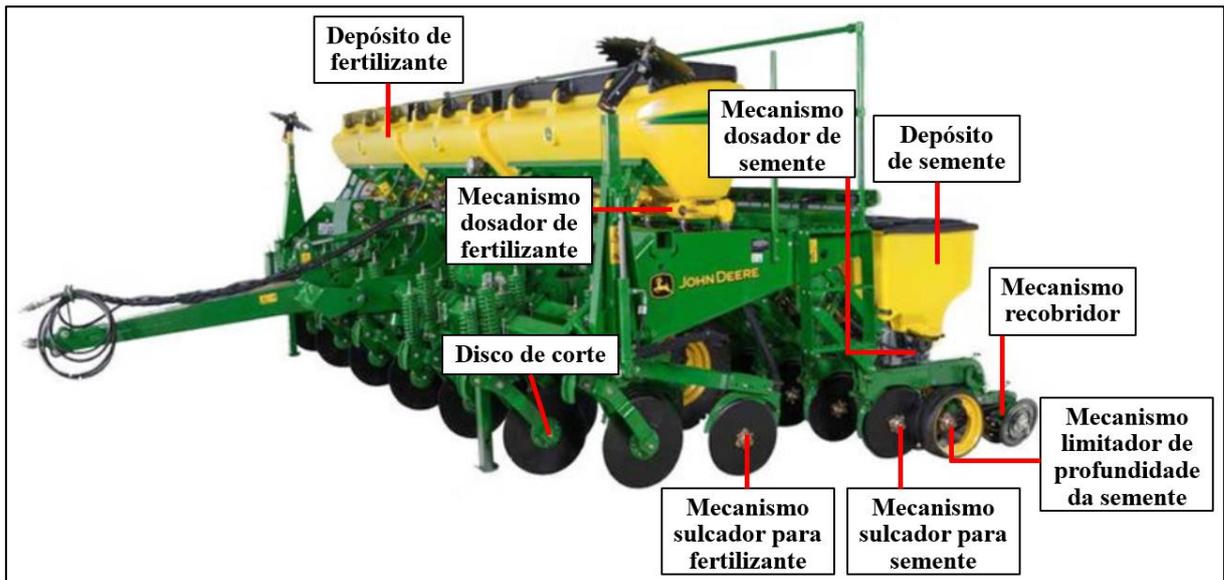
As semeadoras de precisão conforme a ABNT (1994), são implementos cuja função é a distribuição das sementes no sulco, em linha, individualmente ou em grupos, na profundidade adequada, em uma densidade de semeadura preestabelecida, sendo comumente empregada para culturas de sementes graúdas, com baixa densidade de sementes. Dias (2009), ressalta que essa densidade de semeadura é determinada por um mecanismo dosador de sementes, que as capta no reservatório transferindo-as ao sulco de semeadura.

As semeadoras-adubadoras de precisão existentes no mercado podem ser agrupadas tomando-se por base vários critérios, como fonte de potência (humana, animal e mecânica), tipos de acoplamentos (arrasto, montada e semi-montada), modo de distribuição das sementes (em sulcos ou espaços regulares) e condições de operação no campo (semeadura convencional, semeadura com cultivo mínimo e semeadura direta) (SILVEIRA, 1989).

Mialhe (1996), cita por sua vez que as semeadoras-adubadoras também podem ser agrupadas quanto ao tipo de reservatório (depósito individualizados e depósitos para linha múltiplas), quanto ao tipo de acionamento dos mecanismos dosadores (por roda motora, pela TDP e pelo controle remoto, através do fluxo de óleo), quanto ao tipo de descarga da semente (conduzida e não conduzida) e quanto ao tipo de mecanismo sulcador (para semeadura convencional, para semeadura direta, ou seja, com ou sem disco de corte para palha).

A semeadora-adubadora de precisão é uma máquina agrícola dotada de órgãos responsáveis pela abertura dos sulcos, dosagem e distribuição das sementes e fertilizantes no solo, e fechamento dos sulcos (MACHADO et al., 1996). A Figura 4, ilustra a sequência de elementos presentes em uma linha de semeadura.

Figura 4 - Sequência de elementos em uma linha da semeadora-adubadora de precisão.



Fonte: Adaptado de John Deere, 2017b.

Os componentes de uma semeadora podem ser classificados em categorias diferentes entre si, em função da tarefa executada, conforme Murray, Tullberg e Basnet (2006), em: componentes de ataque inicial ao solo, de abertura do sulco e controle de profundidade, de dosagem de sementes, de condução das sementes e recobrimento. Ainda a semeadora conta com componentes semelhantes entre si, que podem ter funções desiguais, sendo os mesmos configurados para executarem funções distintas.

Os componentes de ataque ao solo incluem disco de corte de palha e sulcador para deposição de fertilizante, existindo basicamente dois tipos de sulcadores, discos ou hastes, sendo que este último tem sido utilizado com mais frequência, pela maior capacidade de penetração no solo (DIAS, 2009).

Ainda, conforme o mesmo autor, os componentes de abertura do sulco e controle da profundidade são de extrema importância, estando muitas vezes relacionados à produtividade final da cultura e a demanda de tração do conjunto em função do número de unidades em contato com o solo. Faganello (2012) afirma que o controle da profundidade de deposição da semente no solo pode ser grosseiramente realizado pela regulação da pressão exercida pelas molas sobre os mecanismos sulcadores, através do ajuste no cabeçalho da semeadora-adubadora, do curso das molas e/ou pressão hidráulica sobre as molas. Contudo, a regulação mais precisa é obtida através de rodas limitadoras de profundidade, montadas próximas aos mecanismos sulcadores.

Machado et al. (1996), citam por sua vez que existem diversos componentes de dosagem de sementes, entre eles, a correia perfurada, disco horizontal, disco vertical, disco inclinado,

dedos preensores e disco pneumático. Para a distribuição de fertilizantes têm-se também vários distribuidores, entre eles o eixo com paletas, rosca sem fim, disco horizontal giratório, roseta e cilindro acanalado. Após a dosagem da semente e do adubo, ocorre o transporte dos mesmos até os sulcos na linha de semeadura, sendo que essa condução é feita através dos tubos de distribuição. Normalmente esses tubos são de borracha ou plástico, apresentando as paredes internas lisas ou onduladas.

Além destes, para se cobrirem os sulcos abertos pelos mecanismos sulcadores, são utilizados órgãos de recobrimento ou recobridores, cuja função, além de cobrir a semente e o fertilizante, é comprimir o solo ao redor das sementes, evitando a formação de espaços com ar e permitindo que elas tenham maior quantidade de umidade a sua disposição. Estes órgãos podem ser de diferentes tipos, entre eles: correntes, hastes, rodas metálicas, rodas de borrachas e discos inclinados (MACHADO et al., 1996).

2.5 Mecanismo de desligamento automático de seção para semeadoras

Com o surgimento dos GNSS, deu origem a novas perspectivas para a agricultura e a indústria de máquinas e implementos agrícolas. Existe um elenco de produtos e soluções associadas à mecanização agrícola, voltadas ao uso na agricultura de precisão, como é o caso das controladoras de seção, amplamente utilizadas em pulverizadores para evitar a sobreposição de agroquímicos, gerando maior economia de produto, bem como, reduzindo o impacto da operação ao ambiente. Obedecendo o mesmo princípio, equipamento como semeadora, passam a ter a opção de ligar e desligar o acionamento dos mecanismos dosadores de semente de cada linha, individualmente, sendo que é interessante destacar que isso só foi possível com a substituição dos acionamentos dos dosadores de sementes, que eram feitos por rodas motoras por atuadores hidráulicos ou elétricos (MOLIN, AMARAL e COLAÇO 2015).

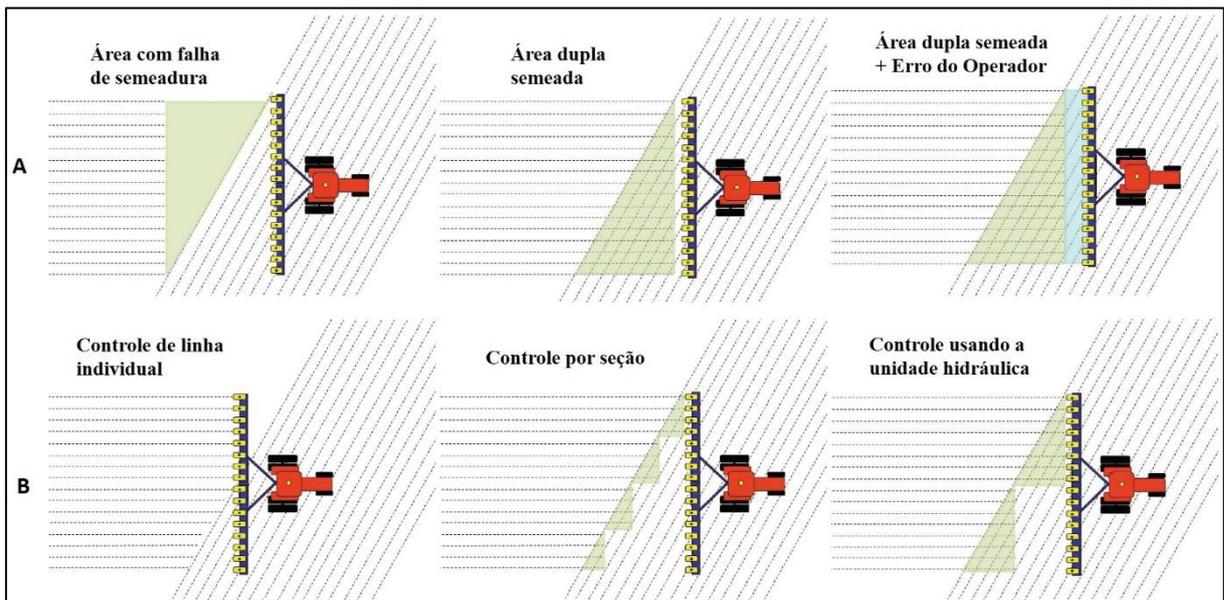
Da mesma forma, Darr (2012), ressalta que o uso de equipamentos agrícolas de precisão continua a aumentar, com o aumento dos custos de insumos, os produtores rurais geralmente estão procurando maneiras de adotar a tecnologia para tornar as operações agrícolas mais eficientes e produtivas. Duas ferramentas de agricultura de precisão, orientação automática e controle automático de seção, abrem caminho em economia de custos, ao mesmo tempo que aumentam o rendimento operacional de máquinas e implementos agrícolas.

A sobreposição de sementes (transpasse) é um problema comum enfrentado em áreas de produção agrícola durante a semeadura, regiões semeadas duplamente, e em algumas situações peculiares, até três vezes são facilmente verificadas após a emergência das plantas.

Regiões essas encontradas principalmente em extremidades do talhão, ou seja, nas cabeceiras durante as operações de manobras, ou quando obstáculos estão presentes no talhão e que necessitam ser desviados (Corassa et al., 2018). Além disso, outros fatores como a largura útil da semeadora, formato do talhão e direção da semeadura contribuem para o aumento da sobreposição da área semeada (JOHN DEERE, 2017). Para Luck et al. (2010), à medida que a largura útil de trabalho do implemento aumenta, o potencial de sobreposição do conjunto também aumenta, especialmente nas extremidades e pontos do talhão.

A Figura 5, ilustra os possíveis erros de semeadura com uma semeadora controlada manualmente pelo operador versus uma semeadora controlada pelo sistema automático de controle de seção.

Figura 5 - Semeadora controlada manualmente pelo operador (A) Semeadora controlada pelo sistema automático de controle de seção (B).



Fonte: Adaptado de Runge, 2014.

A taxa de área sobreposta (duplamente semeada) em relação a área do talhão aumenta significativamente em talhões com contornos irregulares em comparação com talhões uniformes (regulares). Em talhões irregulares, nem mesmo operadores experientes são capazes de minimizar a sobreposição, uma vez que passadas de semeadura geralmente encontram a cabeceira em um ângulo bastante agudo, sendo assim, até que a última linha da semeadora da extremidade chegue a cabeceira, todas as demais linhas estarão causando transpasse e desperdício de sementes, contudo se o operador opte por desligar o sistema de semeadura antes da última linha atingir a cabeceira, falhas irão acontecer na semeadura (CORASSA et al., 2018).

De acordo com Fulton et al. (2011), as operações de semeadura geralmente iniciam com um ou mais passadas ao redor do talhão (pelas cabeceiras), e o restante da região do interior do talhão são cobertos por linhas paralelas, sendo assim, o transpasse é evidente no encontro dessas regiões. Então a geometria e o tamanho do talhão estão diretamente ligados a porcentagem de sobreposição. A Figura 6, ilustra a diferença dos formatos dos talhões localizados na região Sul do Brasil versus os formatos dos talhões localizados na região central dos Estados Unidos da América. A maior irregularidade do relevo e dos limites dos talhões no sul do Brasil comparado com as áreas agrícolas de regiões planas como no meio oeste americano o mesmo no centro oeste brasileiro, evidenciam a potencialidade do uso de sistemas de controle de seção na semeadura destas áreas.

Figura 6 - Talhões localizado no Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul (A) e Talhões localizado nos Estados Unidos, no Estado do Kansas (B).



Fonte: Google Earth, 2018.

Corassa et al., (2018), lembra que em situações em que os produtores não adotam o uso do sistema de piloto automático durante a operação de semeadura, também podem correr sobreposições laterais, dada a dificuldade de alinhamento das máquinas, principalmente em terrenos irregulares, bem como, fatores como fadiga do operador e velocidade de operação, também contribuem para a sobreposição.

Key e Roberts (2007), advertem que a medida que o produtor rural aumenta as suas áreas de produção, há uma tendência na aquisição de equipamentos maiores, para acelerar suas operações em campo, sendo assim, à medida que a largura do implemento aumenta, a área de sobreposição também aumenta, especialmente nas linhas das extremidades.

A tecnologia de controle de seção automática em semeadoras de precisão, tem despertado o interesse entre os produtores rurais, por causa do potencial de economia de

sementes e benefícios em campo (RUNGE et al., 2014). Além disso, essa tecnologia melhora a eficiência de semeadura, desligando automaticamente as seções ou linhas individuais em áreas que já foram semeadas ou áreas designadas como zonas sem plantas, como por exemplo, vias de estradas no interior do talhão e terraços entre outros

O sistema de controle automático de seção em semeadoras pode oferecer vários benefícios, para Runge et al. (2014), reduzir as áreas de sobreposição levando a economia de custos na semente, melhoria de eficiência geral das semeadoras, melhorar gerenciamento ambiental dos insumos utilizados, aumento da visibilidade do operador durante a colheita (capaz de ver as linhas com maior clareza) levando a uma maior eficiência de campo (especialmente a noite), redução da fadiga do operado ao não ter que desligar manualmente a semeadora durante uma jornada de trabalho e gerenciamento de áreas semeadas através de documentação de campo.

Atualmente, os fabricantes de equipamentos e implementos agrícolas já estão oferecendo a tecnologia embarcada de desligamento de seção automática para máquinas novas, além disso, essa tecnologia pode ser instalada em alguns modelos de semeadoras mais antigas (RUNGE, et al. 2014). A Tabela 1, mostra algumas empresas que oferecem o sistema de controle automático de desligamento de seção para semeadora e o modo de funcionamento.

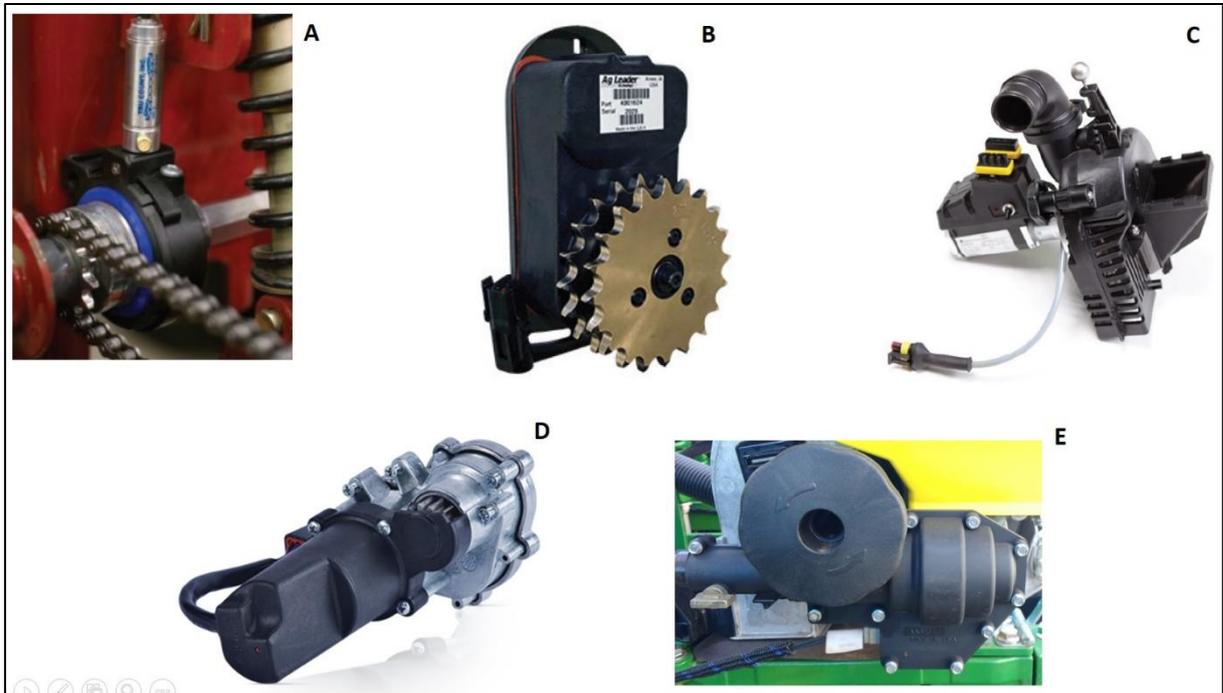
Tabela 1 - Empresas que oferecem o sistema de controle automático de seção e o modo de funcionamento.

Empresa	Nome do sistema	Modo de funcionamento
John Deere	RowCommand	Elétrico
AgLeader Technology	SureStop Electronic Clutches	Elétrico
	Sure Vac Electronic Shutoff	Elétrico
Horsch	-	Elétrico
Raven	OmniRow	Hidráulico
Trimble	Tru Count Air Clutches	Pneumático
	Tru Count Electric Clutches	Elétrico
Richway	Nozzle Stop	Pneumático

Fonte: Runge et al., 2014.

A Figura 7, ilustra alguns modelos de mecanismos de desligamento automático em semeadoras utilizados pelos fabricantes.

Figura 7 - Mecanismos de desligamento automático, Trimble/TruCont's pneumatic (A), AgLeader's electric (B), Horsch's electric drive (C), Precision Planting's eletronic vDrive (D) e John Deere RowCommand electric (E).

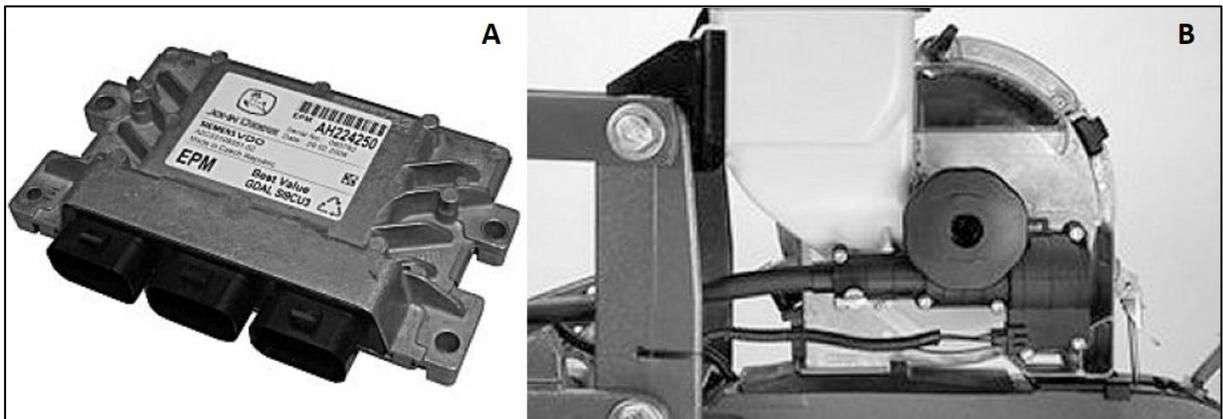


Fonte: Adaptado de Runge et al., 2014.

2.5.1 Mecanismo de desligamento automático de seção sistema RowCommand™

O sistema RowCommand™ utiliza embreagens elétricas localizadas em cada unidade de semeadura para desligar os dosadores de semente, podendo ser comandado pelo operador ou automaticamente pelos monitores do equipamento GreenStar de geração GS2 2600 e/ou GS3 2630, utilizando o software SwatchControl Pro™ que tem por função gerenciar o controle de seção, sendo configurado por tempo e a percentagem de sobreposição de insumo. As embreagens elétricas são projetadas de modo que o dosador de semente gira quando a embreagem não está alimentada eletricamente, ou seja, para ligar ou desligar uma embreagem elétrica acoplada na unidade dosadora de semente, o controlador SeedStar™ 2, envia uma mensagem do barramento CAN ao módulo eletrônico de alimentação para essa embreagem. O módulo eletrônico de alimentação processa a mensagem e aplica energia elétrica ao solenoide da embreagem para desligá-la e remove a energia elétrica para ligá-la. O sistema RowCommand™ permite que até 16 seções de controle sejam configuradas (JOHN DEERE, 2014). A Figura 8, mostra o módulo eletrônico de alimentação e a embreagem elétrica utilizada no sistema acoplada ao dosador de semente.

Figura 8 - Módulo eletrônico de alimentação (A), Embreagem elétrica acoplado no dosador de semente (B).



Fonte: John Deere, 2014.

É possível configurar seções com espaçamentos entre linhas menores que 152cm, mas dependendo da acurácia do sinal do GPS, a ativação involuntária da embreagem na linha pode ocorrer, dessa forma, para evitar esta inesperada ativação da embreagem na linha da seção, recomenda-se utilizar o sistema de correção RTK (JOHN DEERE, 2014).

2.6 Produtividade do milho com a utilização do sistema de desligamento de seção

A produtividade final nas áreas onde ocorre a sobreposição de semeadura, diminui significativamente na cultura da soja e milho (CORASSA et al., 2018). Áreas que ocorrem a sobreposição, permanecem com uma superpopulação de plantas, alcançando muitas vezes o dobro de plantas por área em relação a população ideal. Essa superpopulação de plantas, ocasiona ricos sérios na produtividade em virtude da competição intraespecífica, além de propiciar um ambiente favorável ao desenvolvimento de doenças. Desse modo, com o mecanismo de desligamento de seção equipado na semeadora evita-se essa superpopulação, ocasionando um padrão homogêneo de plantas no talhão em todas as manobras com o conjunto trator + semeadora, deixando a planta para seu crescimento e desenvolvimento normal.

2.7 Custo de produção

A produção na atividade agrícola, pelas suas particularidades, exige escolhas racionais e utilização eficiente dos fatores produtivos. Esse processo de tomada de decisão reflete no

comportamento do custo total, que por sua vez, impacta diretamente nos resultados da atividade (CONAB, 2010).

Para administrar com eficiência e eficácia uma unidade produtiva agrícola, é imprescindível, dentre outras variáveis, o domínio da tecnologia e do conhecimento dos gastos com insumos e serviços em cada fase produtiva da lavoura e que tem no custo um indicador importante para as escolhas do produtor. Desta forma, é fundamental o conhecimento da lógica dos custos e da produção, seus conceitos, funções e componentes (CONAB, 2010).

Para Corbari, Garcias e Soares (2007), os produtores rurais consideram três aspectos, sendo eles: os aspectos climáticos e geológicos que permitem o desenvolvimento de uma determinada cultura, o preço de venda e a potencialidade de comercialização à época da colheita do produto e a destinação eficiente dos recursos produtivos para produzir o menor custo. Sendo que, as condições climáticas, a composição hídrica e geológica da terra e o mercado são considerados fatores externos à propriedade e fogem do controle do produtor rural. Já a alocação eficiente dos recursos (insumo e capital) depende diretamente da sua administração e está diretamente associada ao controle e ao gerenciamento de custos de produção.

O custo de produção é composto pela soma de todos os recursos e operações utilizados durante o processo produtivo. No setor agropecuário o critério mais utilizado para a classificação dos custos é aquele que considera a variação quantitativa dos insumos de acordo com o volume produzido. Nessa forma de classificação os custos podem ser variáveis ou fixos, sendo o custo total a soma dos custos fixos e dos custos variáveis de produção (CONAB, 2010).

Para Corbari, Garcias e Soares (2007), conhecer e administrar os custos de produção é imprescindível para se obter melhor retorno econômico. Entretanto, para o processo de decisão, o produtor deve obter informação não apenas dos custos explícitos, mensurados a partir dos custos históricos, mas também dos custos implícitos, que demonstram o custo de oportunidade do empreendimento.

Os custos explícitos têm seus valores mensurados de forma direta e são determinados de acordo com os preços praticados pelo mercado, situam-se nesta categoria os componentes de custos que são desembolsados pelo produtor rural no decorrer de sua atividade produtiva, tais como insumos (sementes, fertilizantes, agroquímicos), mão de obra temporária, serviços de máquinas e animais, juros, impostos e outros. Já os custos implícitos não são diretamente desembolsados no processo de produção, visto que correspondem à remuneração de fatores que já são de propriedade da fazenda, mas não podem deixar de ser considerados, uma vez que se constituem, de fato, em dispêndios, sua mensuração se dá de maneira indireta, através da imputação de valores que deverão representar o custo de oportunidade de seu uso, nesta

categoria, enquadrar-se os gastos como depreciação de benfeitorias, instalações, máquinas e implementos agrícolas e a remuneração do capital fixo e da terra (CORBARI, GARCIAS e SOARES, 2007).

Sem dúvida, a aceleração dos preços dos insumos agrícolas, em especial dos fertilizantes, agroquímicos e sementes, elevou os custos de produção da atividade agropecuária. Pelaez e Fuck, (2014), explicam que a variação nos custos de produção com esses insumos foi de 2 a 40 vezes mais que as variações do valor da produção das respectivas commodities. A evolução dos custos de produção dessas commodities é analisada por meio da comparação das taxas de crescimento dos custos dos três insumos mais importantes (fertilizantes, agroquímicos e sementes) em termos de valor, e comuns a essas commodities. As taxas de crescimento dos custos desses insumos são comparadas com as da produtividade e as do valor da produção das respectivas commodities, a fim de avaliar os benefícios potenciais obtidos pelos agricultores no período.

As sementes geneticamente modificadas, com técnicas de DNA recombinante e comercializadas em grande escala, cujas as moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos, são de três tipos: as resistentes aos herbicidas à base de glifosato, as que contêm o gene da bactéria Bt (*Bacillus thuringiensis*), e as que contêm ambas as características. O processo de difusão dos cultivos com essas sementes tem sido bastante intenso, sobretudo nos Estados Unidos da América, onde esse tipo de tecnologia foi originalmente desenvolvida e introduzida (CORBARI, GARCIAS e SOARES, 2007).

No caso de sementes resistentes ao glifosato, a taxa de adoção de 1997 a 2012, teria passado de 5% para 73% para o cultivo do milho. Já no caso das sementes com o gene do Bt (*Bacillus thuringiensis*) no período foi de 8% para 67% no cultivo do milho (USDA, 2012).

A inserção de genes específicos em sementes destinadas ao cultivo das principais commodities agrícolas, como a soja, algodão e o milho, garantiu o acesso aos principais mercados consumidores de insumos agrícolas, de maneira especial o de sementes, agroquímicos e fertilizantes (CORBARI, GARCIAS e SOARES, 2007).

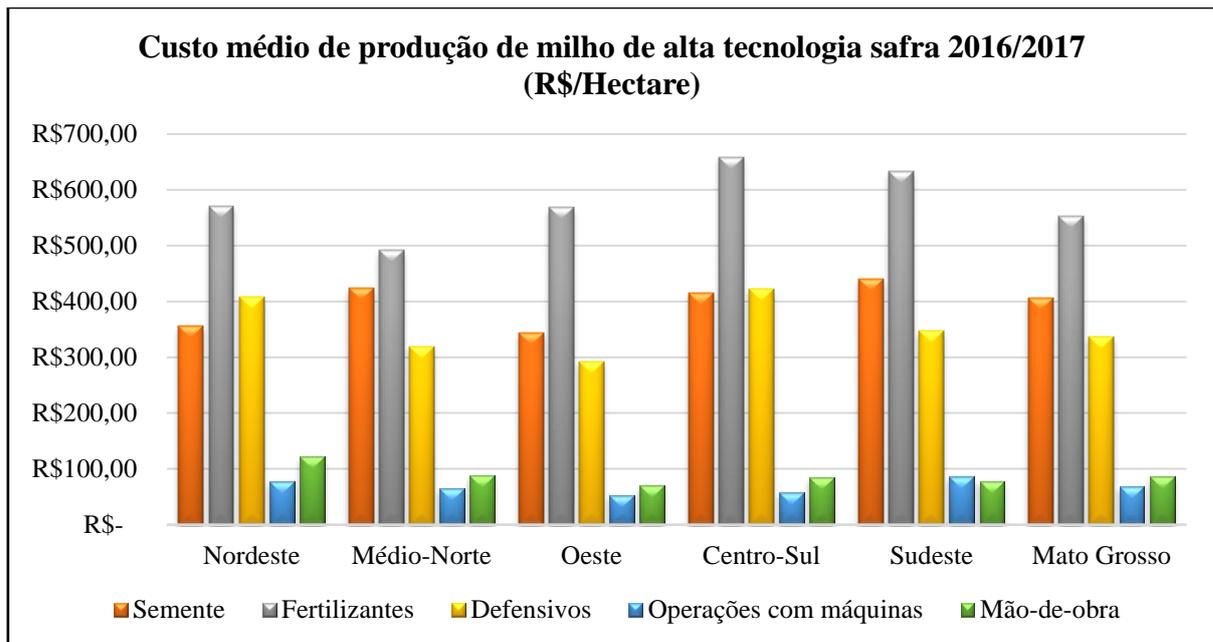
Uma área cultivada nos Estados Unidos da América no ano de 1997, para a produção de milho, os custos envolvidos com sementes representavam 18%, já essa área cultivada no ano de 2012, os custos com sementes passaram a representar 26%, um acréscimo superior a 40%, logo essa área cultivada no ano de 2016, os custos com sementes passaram a representar 32%. Deste então, se verifica um aumento contínuo das despesas com sementes (USDA, 2017).

Da mesma forma, o custo da semente do milho de alta tecnologia ocupa uma posição ativa em todas regiões do Brasil, sendo representando por 30% no custo da semente, mantendo-se em segundo e terceiro valor mais agregado dentre os insumos necessários para a produção da cultura, reforça o IMEA, (2017).

O milho tem alto custo de produção para o agricultor, e por isso torna-se uma cultura de alto risco. Sendo assim, observa-se a redução sistemática nas últimas décadas da área cultivada do milho em primeira safra, especificamente na região sul do Brasil, sendo fortemente substituída pela cultura da soja. Com tudo, utilização de tecnologias que buscam reduzir esses custos são bem-vindas para aumentar a viabilidade econômica do cultivo do milho no Brasil.

A Figura 9, ilustra o custo médio de produção em reais por hectare de milho de alta tecnologia na safra 2016/2017.

Figura 9 - Custo médio da produção de milho de alta tecnologia safra 2016/2017.



Fonte: IMEA, 2017.

Conforme Russini, Cherubin e Beras (2016), diante da atual situação econômica do Brasil, os produtores rurais estão cada vez mais preocupados com custos de produção. As atenções estão voltadas diretamente para a otimização das atividades visando uma posterior redução dos custos. O custo relacionado com a mecanização das operações agrícolas tem assumido uma parcela significativa dos custos finais de produção. Entretanto, isso não significa necessariamente que os gastos no sistema produtivo aumentaram em função do incremento de tecnologia embarcada nas máquinas e equipamentos agrícolas. Deve-se atentar que tais avanços

tecnológicos permitem explorar de forma mais produtiva um determinado conjunto mecanizado, tendo-se muitas vezes aumento no rendimento e na capacidade operacional.

Portanto, a análise econômica não pode partir de um único ponto de observação, ou seja, envolvendo apenas os fatores agronômicos, é necessária uma análise conjunta entre o retorno obtido nos parâmetros agronômicos em função da aplicação das técnicas de agricultura de precisão, com os custos demandados pela aquisição renovação, manutenção, depreciação e operação dos conjuntos mecanizados utilizados no processo, dessa forma, essa análise permite dimensionar de forma correta e precisa se o produtor rural realmente está tendo retorno do capital investido (RUSSINI, CHERUBIN, BERAS, 2016).

2.7.1 Influência do desligamento de seção no custo de produção do milho

O custo de sementes aproxima-se de 40% do custo total de produção do milho, nesse caso o desperdício de sementes é um fator que deve ser evitado para garantir a maior rentabilidade da área cultivada. O transpasse quando controlado através do sistema de desligamento por seção, torna-se um mecanismo promissor, pois além de não desperdiçar semente, não ocasionará perdas produtividade nas áreas de sobreposição, assim, ocasionando economia de semente e aumento de produção. Através do desligamento de seção na semeadura, possibilita obter uma lavoura mais uniforme e com maior possibilidade de lucratividade ao produtor.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em uma área agrícola comercial de 52,43 hectares, localizada no município de Tupanciretã no estado do Rio Grande do Sul, pertencente a Agropecuária São Marcos as margens da RS 377 (Figura 10). O relevo da área é suave ondulado a ondulado, com declividades predominantes variando de 2 a 12%, as microformas de relevo típicas são de coxilhas amplas, de topo plano e com encostas suaves. As coordenadas geográficas do local são 28°56'10.24" latitude sul e 54°14'22.98" longitude oeste (ponto central), possuindo uma altitude média de 443 metros acima do nível dos mares.

A escolha do local foi baseada na disponibilidade de recursos (material, humano e infraestrutura).

Figura 10 - Imagem de satélite da área experimental.



Fonte: Google Earth, 2018.

O clima da região apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano, possuindo estações bem definidas, enquadrando-se na classificação climática de Köppen-Geiger como “Cfa” (MORENO, 1961).

A área experimental vem sendo conduzida sob sistema de semeadura direta há 27 anos. No verão, é realizado rotação entre as culturas de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). No inverno, são cultivados nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia preta (*Avena strigosa*) ou aveia branca (*Avena sativa*) e trigo (*Triticum aestivum*). A cultura de cobertura antecessora ao experimento constituía-se de aveia preta e nabo forrageiro.

O solo da área experimental foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico latossólico (EMBRAPA, 2013).

A caracterização química do solo se deu através da coleta de amostras a campo, em profundidade de 0 a 0,10 m, com posteriores análises no Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A Tabela 2, apresenta o resultado da análise química do solo.

Tabela 2 - Análise química do solo.

Argila %	pH (1:1)	P mg dm ⁻³	K	MO %	Al	Ca	Mg	H+Al cmolc/l	CTC	SMP	Saturação %		
											pH 7	Base	Al
49,2	5,4	7,3	228,9	3,7	0,1	7,5	2,1	4,7	10,2	5,9	14,9	67,9	1,3

Fonte: Autor, 2018.

A área experimental possuía sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central modelo 9500P, da marca Zimmatic. A Figura 11, ilustra o equipamento de irrigação da área experimental.

Figura 11 - Sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central.



Fonte: Autor, 2018.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, sob forma fatorial 3x2 com quatro repetições, composto por três híbridos de milho, combinado com sobreposição de semeadura e sem sobreposição de semeadura. Cada parcela experimental possuía comprimento de 3 m e largura de 1,35 m. totalizando uma área de parcela de 4,05 m². A Tabela 3, mostra a distribuição fatorial.

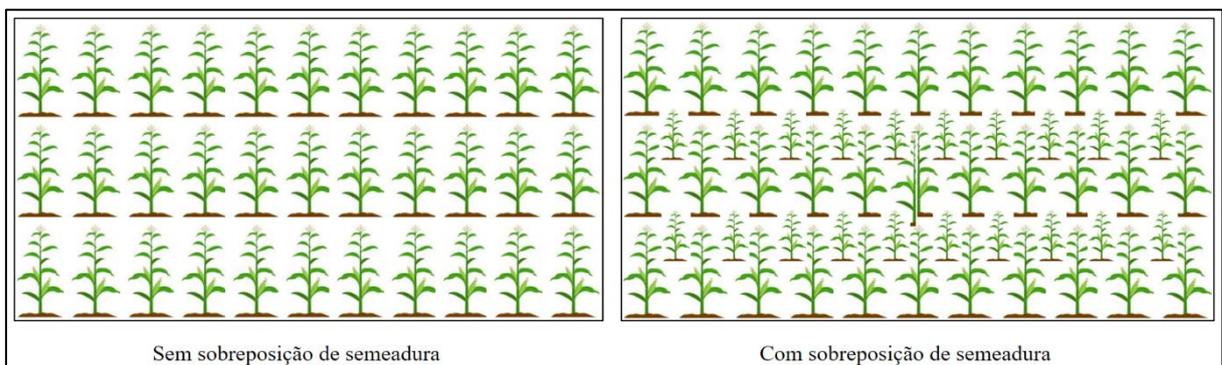
Tabela 3 - Tratamentos experimentais

Híbrido	Condição
I	Com sobreposição de semeadura (CSS)
	Sem sobreposição de semeadura (SSS)
II	Com sobreposição de semeadura (CSS)
	Sem sobreposição de semeadura (SSS)
III	Com sobreposição de semeadura (CSS)
	Sem sobreposição de semeadura (SSS)

Fonte: Autor, 2018.

Avaliou-se por tratamento, três linhas da semeadora em uma extensão de três metros, a Figura 12, ilustra a parcela da área experimental.

Figura 12 - Parcela área experimental



Fonte: Autor, 2018.

Após a aquisição dos dados, os mesmos foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Quando as interações entre os fatores híbrido versus sobreposição de semeadura

foram significativas pelo teste F ($p < 0,05$) as interações foram desmembradas em efeitos simples, e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas utilizando o software Statistical Analysis System – SAS v.9.3 (SAS inc., Cary, USA).

3.3 Caracterização do conjunto trator + semeadora

O conjunto trator + semeadora, ilustrado na Figura 13, foi caracterizado pela utilização de um trator agrícola de pneus e uma semeadora de precisão.

Figura 13 - Conjunto trator + semeadora.



Fonte: Autor, 2016.

O trator utilizado como fonte de potência, foi um exemplar da marca John Deere, modelo 8370R, 4x2 com TDA, equipado com motor agrícola John Deere PowerTech™ Diesel de 9L, de injeção eletrônica de alta pressão Common Rail de 4 tempos, com 6 cilindros, possuindo potência nominal no motor de 272 kW (370 cv) e uma potência máxima à 1.900 rpm no motor de 300 kW (408 cv) e rodado duplo no eixo dianteiro e traseiro. Equipado com piloto automático integrado de fábrica, com monitor ISOBUS GreenStar GS3 2630 e receptor de posição StarFire SF3000, com correção RTK, oferecendo uma precisão de aproximadamente 2,5 cm no receptor em 95% do tempo (JOHN DEERE, 2017c). Durante o experimento a TDA

estava acionada com o trator operando em condições normais. A Tabela 4, apresenta as principais especificações do trator utilizado no experimento.

Tabela 4 - Descrição do trator utilizado no experimento.

Descrição	Especificação
Peso com lastro (kg)	18.000
Aspiração do motor	Turbo - Aftercooler
Reserva de torque do motor (%)	35
Rotação nominal da TDP (rpm)	540/1.000
Transmissão	e23 TM
Número de marchas à frente	23
Número de marchas à ré	11
Capacidade do levante hidráulico (kgf)	9.000
Vazão máxima da bomba hidráulica l/min	227
Número de válvulas de controle remoto	5
Capacidade do tanque do combustível (l)	715
Barra de tração	Categoria 4
Comprimento total (mm)	6.043
Altura máxima (mm)	3.308
Distância entre eixos (mm)	3.020
Vão livre na barra de tração (mm)	317
Pneus dianteiros	480/70R34 R1W
Pneus traseiros	800/70R38 R1W

Fonte: John Deere, 2017c.

A semeadora de precisão utilizada foi um exemplar da marca John Deere, modelo DB50, composta de 33 linhas de semeadura para milho, espaçadas em 45 cm, totalizando uma largura útil de trabalho de 14,85 m. Equipada com o sistema RowCommandTM, possuindo embreagens elétricas, localizada em cada linha de semeadura acoplada ao dosador de semente, que permite o desligamento da semeadura evitando sobreposição. A Figura 14, mostra a embreagem elétrica equipada na unidade dosadora de semente.

Figura 14 - Embreagem elétrica equipada na unidade dosadora de semente.



Fonte: Autor, 2016.

A Tabela 5, apresenta as principais especificações da semeadora de precisão utilizada no experimento.

Tabela 5 - Descrição da semeadora utilizada no experimento.

Descrição	Especificação
Sistema de acoplamento	Arrasto
Linhas de plantio	Pantográfica
Chassi	3 seções com 15° de flexibilidade
Mecanismo sulcador	Disco colter corrugado de 18"
Mecanismo distribuidor de semente	Dosador pneumático (VacuMeter™)
Mecanismo recobridor/compactador	Discos inclinados
Número de linhas para milho	33
Espaçamentos das linhas para milho (cm)	45
Capacidade do depósito de sementes (kg)	3.260
Potência mínima requerida (kW)	199
Disco dosador de semente	Promax 40
Largura útil de trabalho (m)	14,85
Largura para transporte (m)	6,20
Comprimento para transporte (m)	12,50
Monitoramento de sementes	Software SeedStar™2

Fonte: John Deere, 2017d.

3.4 Caracterização da semente de milho

Para a realização do experimento optou-se por três híbridos de milho, disponibilizados pelo produtor. A Tabela 6, apresenta as principais especificações dos híbridos e simbologia.

Tabela 6 - Principais especificações dos híbridos e simbologia.

Marca	Híbrido	Simbologia	Ciclo	Potencial	T.S.I*
Agrocerec	AG9025	I	Superprecoce	Elevado	Sim
Dow	2A401	II	Precoce	Elevado	Sim
Pioneer	30F53	III	Superprecoce	Elevado	Sim

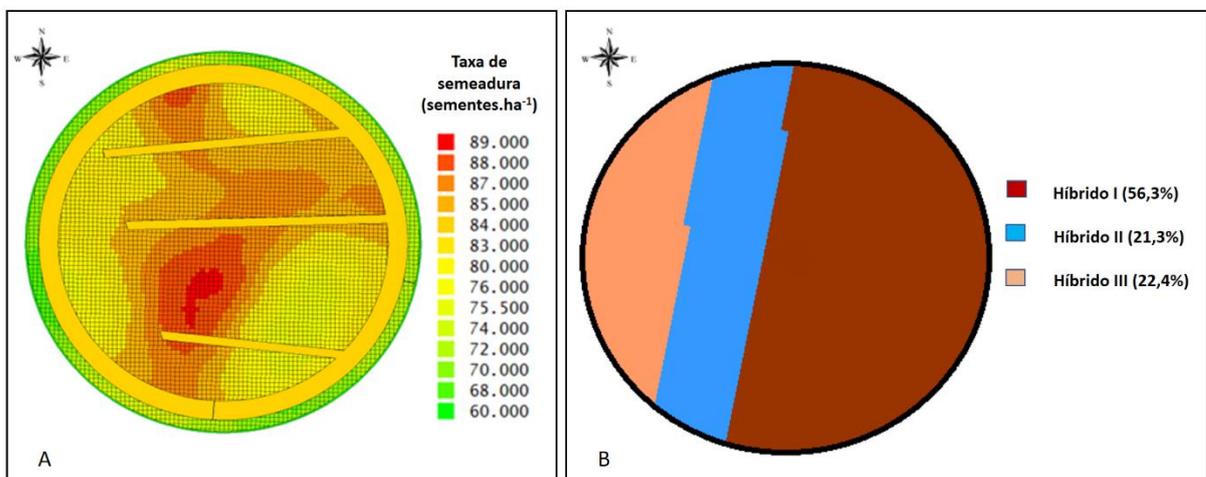
* Tratamento de semente industrial.

Fonte: Autor, 2018.

3.5 Semeadura

A semeadura do milho foi realizada nos dias 28 e 29 de setembro de 2016, a taxa média de semente prevista no pivô foi de 82.116 sementes.ha⁻¹, sendo que a maior taxa foi de 89.000 sementes.ha⁻¹ e a menor taxa foi de 60.000 sementes.ha⁻¹. Contudo, para a alocação das amostras optou-se em trabalhar com taxa fixa estimada de semente de 84.000 sementes.ha⁻¹, destaca no círculo na cor amarela da Figura 15 (A). A disposição da semeadura dos híbridos na área constituiu em 56,3% para o híbrido I, 21,3% para o híbrido II e 22,4% para o híbrido III conforme a Figura 15 (B).

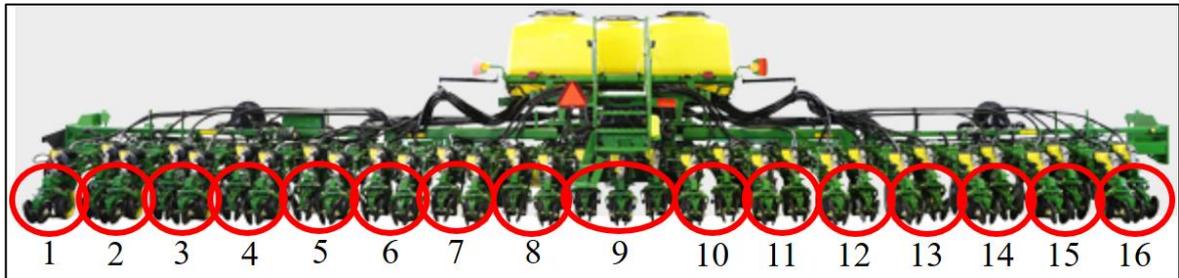
Figura 15 - Mapa de taxa de semeadura (A) e disposição dos híbridos no talhão (B).



Fonte: Autor, 2018.

O sistema foi configurado para desligamento automaticamente em 16 seções, sendo que em 15 seções, cada seção era composta por duas linhas de semeadura e uma seção central do equipamento permaneceu com três linhas de semeadura, conforme ilustra a Figura 16.

Figura 16 - Configuração da distribuição das seções.

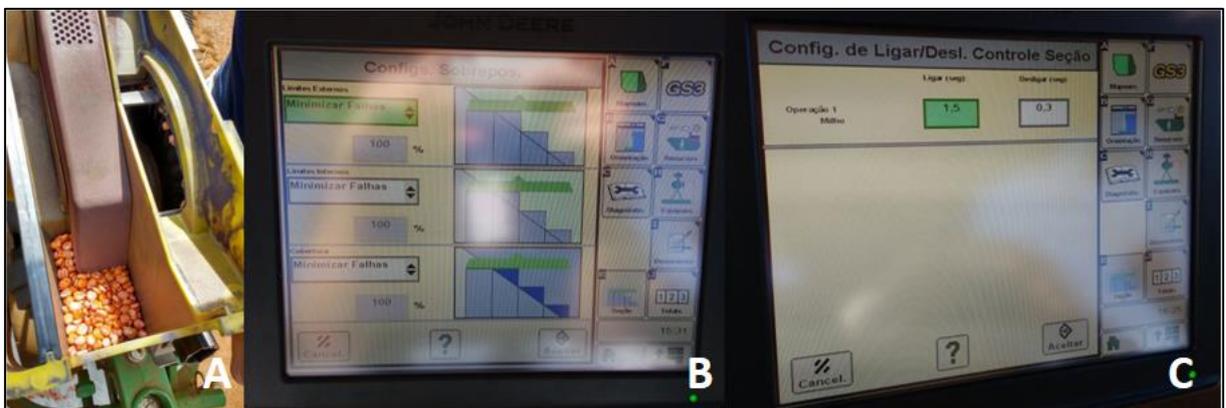


Fonte: Adaptado de John Deere, 2017d.

A sobreposição de semeadura para limites externo foi configurada em minimizar falhas em 100%, para limites interno configurado em minimizar falhar em 100 % e cobertura em minimizar falhas em 100% e 1,5 segundos para o tempo de acionamento de ligada dos motores hidráulicos de semeadura e 0,3 segundos para o tempo de acionamento de desligada dos motores hidráulicos de semeadura, e o sistema de eliminador de duplas de sementes, foi configurado conforme o catálogo do fabricante.

A Figura 17, apresenta a configuração do eliminador de sementes duplas e a configuração de sobreposição e o tempo de acionamento dos motores hidráulicos.

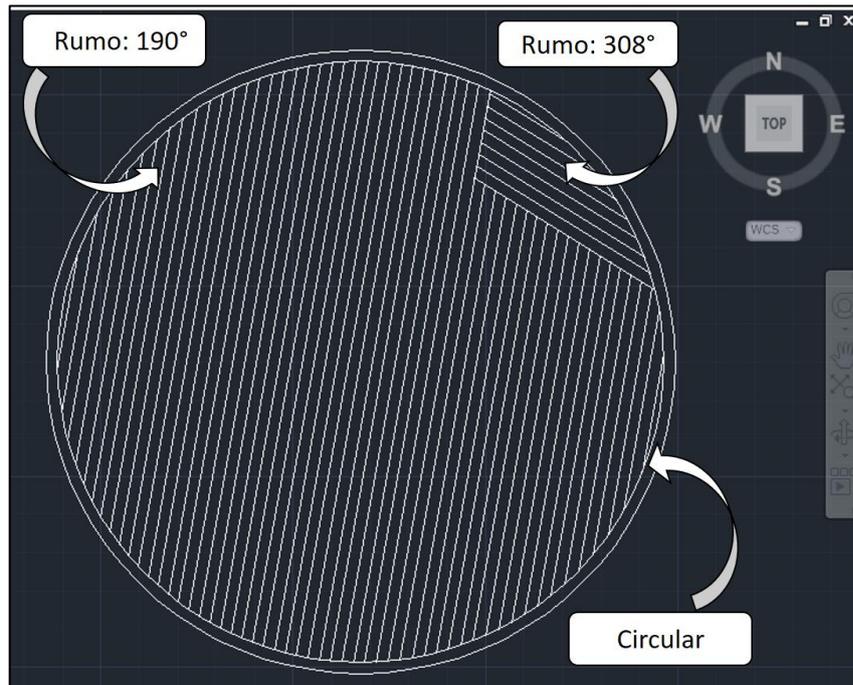
Figura 17 - Regulagem eliminador de sementes duplas (A), configuração de sobreposição (B) e configuração do tempo de ligar e desligar (C).



Fonte: Autor, 2016.

Obedeceu-se dois sentidos de rumo para a confecção das linhas do piloto automático durante a semeadura, estes escolhidos pelo melhor sentido de semeadura em relação ao desnível do terreno e nas bordaduras do pivô semeou-se em círculos. A Figura 18, ilustra a disposição das linhas de semeadura.

Figura 18 - Disposição das linhas de semeadura.



Fonte: Autor, 2018.

3.6 Tratamentos culturais

A adubação do solo foi realizada com base nos resultados da análise química do solo. Realizou-se adubação de cobertura no dia 22/09/2016, utilizando cloreto de potássio com uma dosagem média de $326,92 \text{ kg.ha}^{-1}$ e MAP 11 52 00, com uma dosagem média de $346,15 \text{ kg.ha}^{-1}$. Posteriormente a emergência do milho, realizou-se a aplicação de Ureia no dia 03/11/2016 na dosagem de 242 kg.ha^{-1} e no dia 23/11/2016 na dosagem de 221 kg.ha^{-1} . No dia 27/09/2016 realizou-se aplicação de MAP 11 52 00 na dosagem de 258 kg.ha^{-1} e 224 kg.ha^{-1} de cloreto de potássio.

Antes da realização da semeadura realizou-se a dessecação da área, que havia como plantas de cobertura aveia preta e nabo forrageiro. Ao longo do período do ciclo vital da cultura foram realizados tratamentos fitossanitários de herbicida e fungicida (Tabela 7).

Tabela 7 - Tratamentos culturais.

Operação	Nome comercial	Ingrediente ativo	Concentração (g/l)	Data	Dosagem por ha
	Zaap QI	Glifosato Potássico	620	28/08/2016	1,5 (l.ha ⁻¹)
	Accent	Nicossulfuron	750	15/11/2016	0,03 (kg.ha ⁻¹)
Herbicida	Assist	Óleo mineral	756	15/11/2016	0,50 (l.ha ⁻¹)
	Nortox	Atrazina	500	15/11/2016	5,00 (l.ha ⁻¹)
	Abacus	Piraclostrobina Expoxicanazol	260 160	29/11/2016	0,30 (l.ha ⁻¹)
	Assist	Óleo mineral	756	29/11/2016	0,50 (l.ha ⁻¹)
Fungicida	Azimut	Azoxistrobina Tebuconazol	120 200	23/12/2016	0,50 (l.ha ⁻¹)
	Nimbus	Óleo mineral	428	23/12/2016	0,50 (l.ha ⁻¹)
	Samer Plus	Azoxistrobina Tebuconazol	120 240	23/12/2016	0,07 (l.ha ⁻¹)

Fonte: Autor, 2018.

3.7 Irrigação

Durante o ciclo da cultura, quando necessário, fazer o uso da irrigação por falta de precipitação pluviométrica, foram realizadas de forma uniforme para toda área experimental, com lâmina única. As irrigações foram aplicadas com base nas leituras e monitoramento realizado pelo Sistema Irriga da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Os valores da umidade no solo nos respectivos estágios fenológicos da planta são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Valores de umidade do solo nos estágios fenológicos da planta.

Data	Dias após semeadura	Altura da planta (cm)	Fenologia	Umidade (cm ³ /cm ³)		
				1 ^a camada (0-20)	2 ^a camada (20-40)	3 ^a camada (40-60)
10/10/2016	12	3	Ve	0,37	0,42	0,43
03/11/2016	36	25	V5	0,39	0,41	0,45
30/11/2016	63	140	V11	0,40	0,42	0,44
21/12/2016	84	220	R 1.0	0,37	0,37	0,37
19/01/2017	113	240	R 4.0	0,38	0,38	0,38
20/02/2017	145	220	R 6.0	0,30	0,30	0,31

Fonte: Autor, 2018.

A Tabela 9, exibe as chuvas e/ou irrigação da área experimental.

Tabela 9 - Informações da chuva e/ou irrigação da área experimental.

Data	Chuvas/irrigação extra (mm)	Acumulado (mm)
29/09/2016	(I)10,00	10,00
05/10/2016	16,00	26,00
12/10/2016	16,00	42,00
15/10/2016	24,00	66,00
16/10/2016	24,00	90,00
17/10/2016	60,00	150,00
18/10/2016	64,00	214,00
19/10/2016	32,00	246,00
24/10/2016	32,00	278,00
26/10/2016	8,00	286,00
01/11/2016	48,00	334,00
02/11/2016	40,00	374,00
04/11/2016	(I)6,00	380,00
08/11/2016	8,00	388,00
09/11/2016	22,00	410,00
16/11/2016	15,00	425,00
27/11/2016	32,00	457,00
03/12/2016	9,00	466,00
08/12/2016	9,00	475,00
09/12/2016	13,30	488,30
18/12/2016	28,00	516,30
23/12/2016	(I)13,30	529,60
27/12/2016	28,00	557,60
29/12/2016	12,00	569,60
31/12/2016	40,00	609,60
04/01/2017	8,00	617,60
05/01/2017	76,00	693,60
09/01/2017	63,00	756,60
10/01/2017	45,00	801,60
16/01/2017	80,00	881,60
25/01/2017	12,00	893,60
01/02/2017	36,00	929,60
05/02/2017	22,00	951,60
12/02/2017	22,00	973,60
17/02/2017	8,00	981,60

Utilizado da prática da irrigação (I).

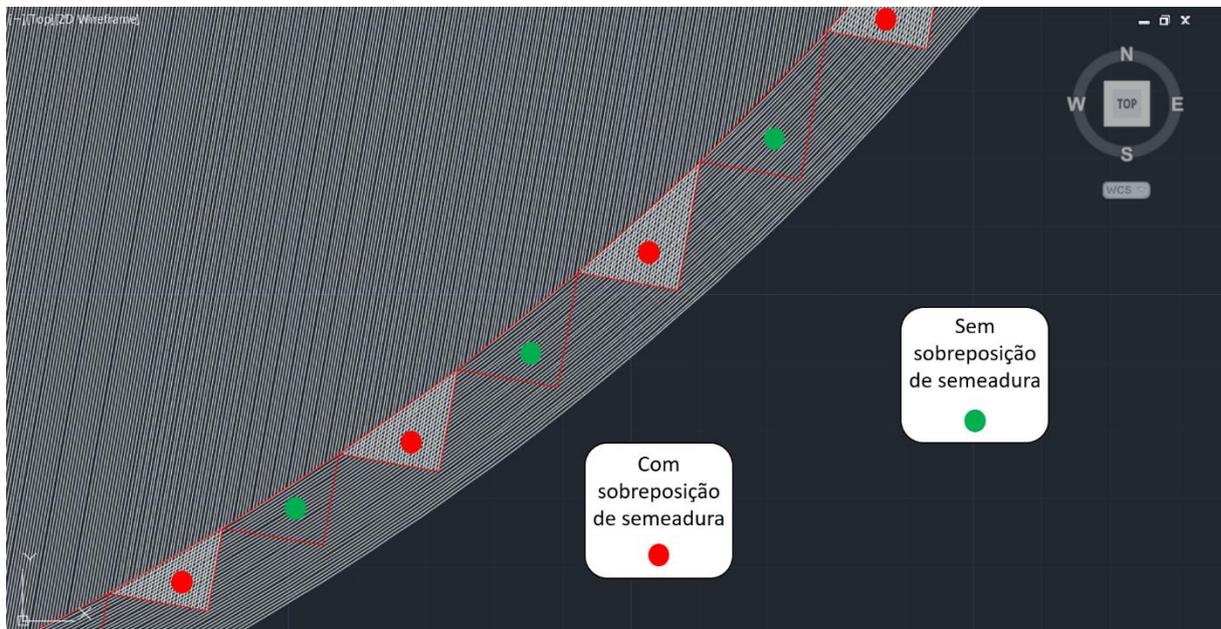
Fonte: Autor, 2018.

Devido ao comportamento do clima no período de experimento, foi necessário irrigar três vezes, totalizando um acumulado de irrigação de 29,30 mm e 981,60 mm acumulado total de água até o período de colheita do produto.

3.8 Determinação de sobreposição de semeadura e coleta dos dados em campo

A determinação da sobreposição e da não sobreposição de semeadura foram realizadas durante a semeadura do milho, onde foi optado por a intercalação entre elas. A Figura 19, ilustra a sobreposição e a não sobreposição de semeadura do milho.

Figura 19 - Sobreposição de semeadura do milho.



Fonte: Autor, 2018.

O cálculo da área sobreposta foi realizado através da importação dos dados do monitor GS3 2630, para o *Software Apex®*, que é um programa computacional com ferramentas SIG de gerenciamento de mapas, equipamentos e informações coletadas em campo, incluindo algumas ferramentas de gerenciamento da frota agrícola, além disso, permite ainda manipular dados gerados em campo, tais como mapas de produtividades, aplicações e rendimento operacional de equipamentos agrícolas. Posteriormente, essas informações foram exportadas em formato Shapefile (.shp) e importadas no *Software AutoCad®*, para o cálculo da área total sobreposta de semeadura possíveis encontradas do talhão, correspondendo a direção de semeadura definida.

A determinação de plantas por hectare em cada zona de manejo com e sem sobreposição de semeadura, se deu através da contagem total de plantas por parcelas.

A coleta do material foi realizada durante o período de colheita do milho, colhendo-se as parcelas manualmente para posterior análises de número de plantas por parcela, número de espigas por parcela, comprimento total da espiga, diâmetro total da espiga, número de fileiras da espiga, número de grãos por espigas, massa de mil grãos, umidade de grãos e determinação da produtividade pelo peso de grãos.

A determinação da umidade contida no grão foi realizada por meio de amostragens em cada parcela, utilizando um medidor de umidade da marca John Deere, modelo Moisture Chek Plus™ com precisão de 0,5%. Foram realizadas três repetições de determinação de umidade por parcela e obtido o valor médio.

Para a determinação do peso de mil grãos, utilizou-se uma balança digital de precisão modelo SF - 400 com precisão de 1 g com capacidade máxima de 5 kg. Foram realizadas três repetições de pesagem por parcela e obtido o valor médio.

A Figura 20, ilustra a avaliação dos parâmetros da espiga, medidor de umidade e balança de precisão.

Figura 20 – Avaliação dos parâmetros da espiga (A), medidor de umidade (B) e balança de precisão (C).



Fonte: Autor, 2016.

As correções dos valores de umidade dos grãos foram obtidas através da equação matemática, determinada por:

$$U.C = \frac{P.I \times (100 - U.A)}{(100 - U.F)}$$

Onde:

U.C = Umidade corrigida (%).

P.I = Peso inicial da amostra (g)

U.A = Umidade Atual da amostra (%).

U.F = Umidade desejada final da amostra (%).

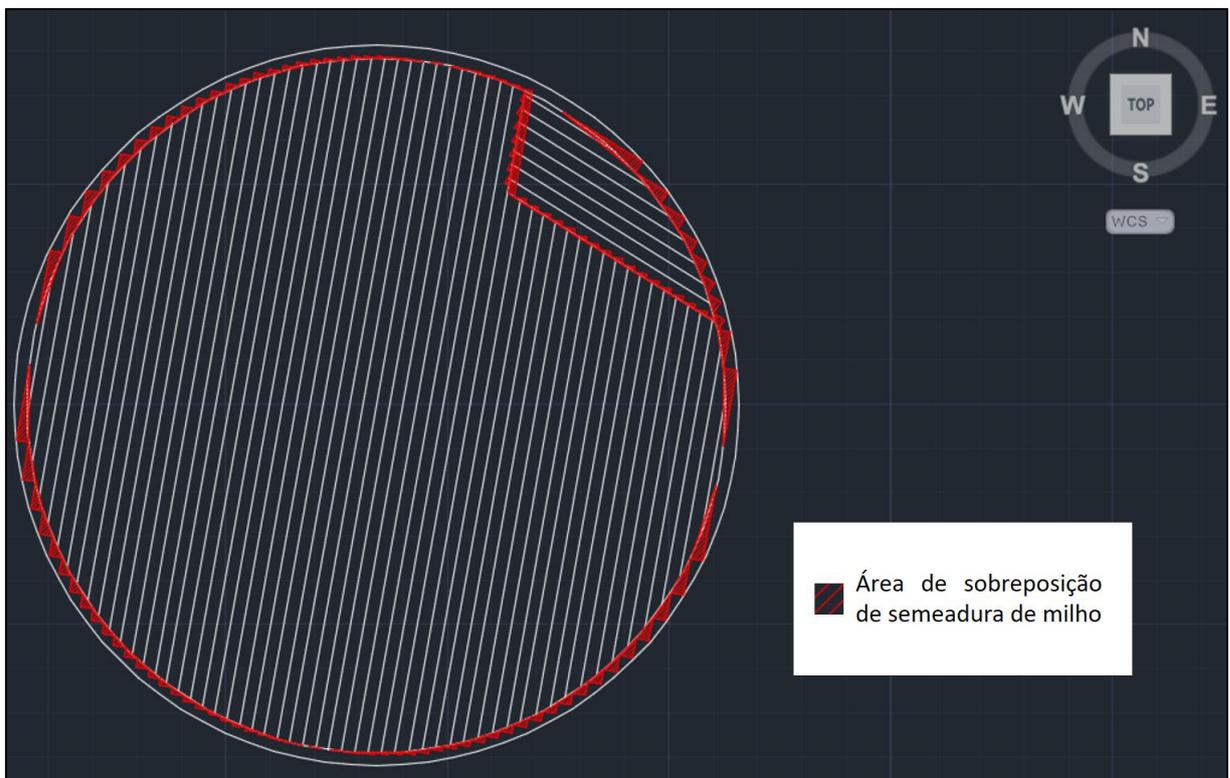
Foram corrigidos os valores de umidade dos grãos para 13%, valor esse indicado para armazenagem do grão. A determinação da estimativa de produtividade, foi obtida através do número de grãos por parcela e o seu peso, alcançando os valores de produtividade em kg/ha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sobreposição de semeadura

A área de sobreposição encontrada no talhão no formato de pivô com 52,43 hectares, obedecendo o rumo de semeadura de 190° e 308° , está hachurada em vermelho na Figura 21.

Figura 21 - Área de sobreposição no talhão.



Fonte: Autor, 2018.

A Tabela 10, mostra o número de parcelas possíveis com sobreposição na semeadura e o seu respectivo tamanho.

Tabela 10 - Parcelas de sobreposição e o seu respectivos e os seus tamanhos.

Parcela	m²	ha	Parcela	m²	ha	Parcela	m²	ha
1	647,25	0,06473	41	61,96	0,0062	81	1,3	0,00013
2	313,71	0,03137	42	68,48	0,00685	82	8,33	0,00083
3	234,73	0,02347	43	75,56	0,00756	83	12,55	0,00126
4	191,99	0,0192	44	83,34	0,00833	84	16,81	0,00168
5	163,66	0,01637	45	92,01	0,0092	85	21,15	0,00212
6	142,83	0,01428	46	101,81	0,01018	86	25,59	0,00256
7	126,5	0,01265	47	113,12	0,01131	87	903,11	0,09031
8	113,12	0,01131	48	126,5	0,01265	88	28,61	0,00286
9	101,81	0,01018	49	142,84	0,01428	89	44,55	0,00446
10	92,01	0,0092	50	163,66	0,01637	90	44,55	0,00446
11	83,34	0,00833	51	191,99	0,0192	91	44,55	0,00446
12	75,56	0,00756	52	234,66	0,02347	92	44,55	0,00446
13	68,48	0,00685	53	313,84	0,03138	93	44,55	0,00446
14	61,96	0,0062	54	646,92	0,06469	94	44,55	0,00446
15	55,9	0,00559	55	633,54	0,06335	95	44,55	0,00446
16	50,22	0,00502	56	312,63	0,03126	96	44,55	0,00446
17	44,86	0,00449	57	234,22	0,02342	97	44,55	0,00446
18	39,75	0,00398	58	191,68	0,01917	98	44,55	0,00446
19	34,86	0,00349	59	163,44	0,01634	99	44,55	0,00446
20	30,15	0,00302	60	142,66	0,01427	100	44,55	0,00446
21	25,59	0,00256	61	126,36	0,01264	101	44,55	0,00446
22	21,15	0,00212	62	113,01	0,0113	102	44,55	0,00446
23	16,81	0,00168	63	101,71	0,01017	103	44,55	0,00446
24	12,55	0,00126	64	91,92	0,00919	104	44,55	0,00446
25	8,33	0,00083	65	83,27	0,00833	105	44,55	0,00446
26	1,3	0,00013	66	75,49	0,00755	106	44,55	0,00446
27	1,04	0,0001	67	68,42	0,00684	107	44,55	0,00446
28	1,04	0,0001	68	61,9	0,00619	108	44,55	0,00446
29	1,27	0,00013	69	55,85	0,00559	109	44,55	0,00446
30	8,33	0,00083	70	50,17	0,00502	110	21,43	0,00214
31	12,55	0,00126	71	44,81	0,00448	111	782,87	0,07829
32	16,81	0,00168	72	39,71	0,00397	112	318,04	0,0318
33	21,15	0,00212	73	34,82	0,00348	113	237,04	0,0237
34	25,59	0,00256	74	30,11	0,00301	114	193,42	0,01934
35	30,15	0,00302	75	25,55	0,00256	115	164,67	0,01647
36	34,86	0,00349	76	21,11	0,00211	116	143,6	0,01436
37	39,75	0,00398	77	16,77	0,00168	117	127,11	0,01271
38	44,86	0,00449	78	12,51	0,00125	118	111,51	0,01115
39	50,22	0,00502	79	8,29	0,00083	119	313,71	0,03137
40	55,9	0,00559	80	1,29	0,00013	120	647,25	0,06473

Fonte: Autor, 2018.

Observa-se vários tamanhos e geometrias de área com sobreposição, sendo que a maior área encontrada apresenta 903,11 m² e a menor área de 1,04 m². O valor total de área sobreposta foi de 13.273,52 m² representando 1,33 hectares, representando 2,54% da área.

A Tabela 11, apresenta os valores de sobreposição total do talhão, separados pelos híbridos, bem como a economia de semente avaliada.

Tabela 11 - Sobreposição total do talhão, separado pelos híbridos

Híbrido	S. H. (ha)	S. H. (%)	Sob. H. (ha)	Sob. T. (%)	N. S. S. H.	E. S. (sacos/ha)	P. S. S. M. (R\$) *	E. (R\$)
I	29,52	56,30	0,75	1,43	62.777,19	1,05	850,00	892,50
II	11,17	21,30	0,28	0,53	23.754,11	0,40	750,00	300,00
III	11,74	22,40	0,30	0,58	24.966,27	0,42	678,00	284,76
Total	52,43	100	1,33	2,54	111.497,57	1,87	-	1.477,26

S.H. (ha): Semeadura por híbrido em hectare; S.H. (%): Semeadura por híbrido em porcentagem; Sob. H. (ha): Sobreposição por híbrido em hectares; Sob. T. (%): Sobreposição total no talhão em porcentagem; N. S. S. H.: Número de sementes sobrepostas por híbrido; E. S.: Economia de semente sacos por hectare; P. S. S. M. (R\$): Preço do saco de semente de milho; E. (R\$): Economia em reais.
Preço considerado na época de alocação do experimento no ano de 2016 *

Observa se que a sobreposição de semeadura de milho no talhão é de 1,33 hectares, representando 2,54% da área total. Isso representa uma economia de semente de 1,87 sacos de semente, concebendo um valor de aproximadamente R\$ 1.477,26.

A John Deere (2017), observa que, ao utilizar um conjunto de plantio usando o sistema de correção RTK, em um talhão de 40 hectares, empregando uma semeadora de 15,5m de largura útil de trabalho, e formato do talhão retangular, com linhas projetadas de semeadura a 90 graus, apresenta uma sobreposição de semeadura de 0,3%, ao passo que, se projetado as linhas de semeadura à 45 graus, tem-se uma sobreposição de 2,6%, em um talhão triangular de 2,1% em um talhão redondo (pivô), 3,6% e um talhão irregular de 5,3%. Similarmente, ao trabalhar com uma semeadora com largura útil de 22,5 m, em talhão retangulares e linhas planejadas a 90 graus, teremos uma sobreposição de semeadura de 0,3%, e linhas à 45 graus, uma sobreposição de 3,8%, talhão com formato triangular, 3,8%, talhão redondo (pivô), de 5,1% e talhão irregular de 7,7% de sobreposição de semeadura.

Para Runge et al. (2011), um estudo de dois anos realizados em 2010 e 2011, utilizando a Estação de Experiência Agrícola do Alabama na Auburn University, considerando somente a economia de semente utilizando o sistema automático de desligamento de seção, informou que

a economia do insumo variou entre 1% a 12% por área, com uma média de 4,3%. Corassa et al. (2018), em uma pesquisa com 128 talhões, alcançaram um valor médio de 5,5% em sobreposição. Velandia et al. (2013), trabalhando com 52 talhões, obtiveram uma variação de 0,1% a 15,5% com áreas de sobreposição, dependendo da forma do talhão.

A Figura 22, ilustra áreas com sobreposição de semeadura e sem sobreposição de semeadura.

Figura 22 - Áreas com sobreposição de semeadura, CSS (1), áreas sem sobreposição de semeadura, SSS (2).



Fonte: Autor, 2016.

Através da Figura 22, nota-se maior adensamento entre plantas nas áreas com sobreposição de semeadura, ao passo que comparada as áreas sem sobreposição de semeadura de milho.

4.2 Componentes de rendimento do milho

A Tabela 12, apresenta a análise da variância (ANOVA) para as variáveis de componentes de rendimento do milho.

Tabela 12 - Valores de F da análise da variância (ANOVA) para os componentes de rendimento do milho.

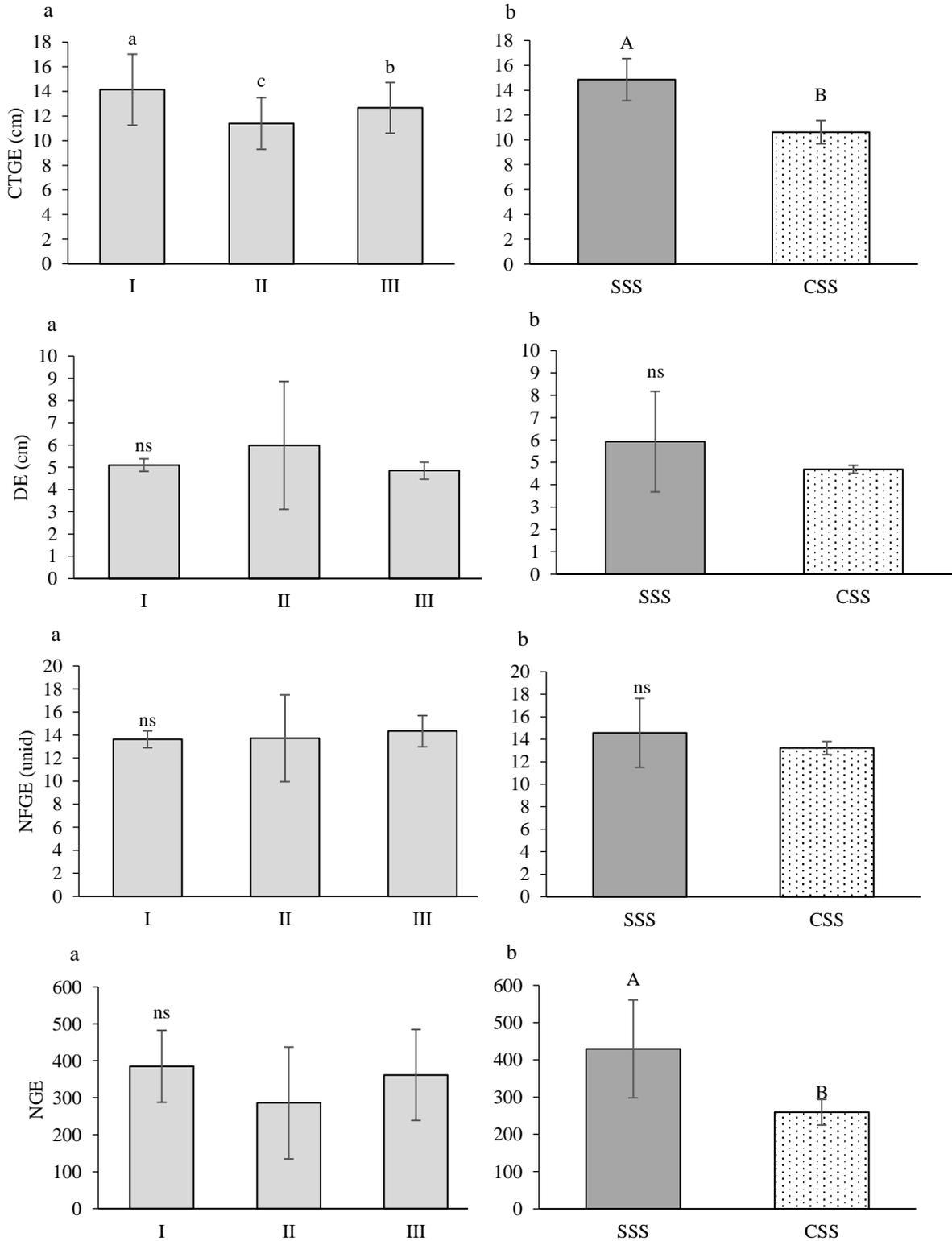
FV [§]	Componentes de rendimento do milho [‡]								
	CTE	CTGE	DE	NFG E	NGE	MMG	NEH	NPH	PG
HIBR	59.44**	32.26**	1,14	0,22	2,75	125.94* *	4.33*	3,16	24.41* *
SS	512.95* *	229.66* *	3,67	1,99	22.23* *	52.31**	350.98* *	542.42* *	10.91* *
HIBR x SS	7.51**	3,54	0,99	0,38	0,98	11.50**	1,56	0,6	3,14
CV(%)	4,11	5,37	29,83	16,79	25,64	3,87	7,24	6,64	8,93

[§]Fator de variação (FV), [‡]Comprimento total da espiga (CTE), Comprimento total da espiga até onde possui grão na espiga (CTGE), Diâmetro da espiga (DE), Número de fileiras de grãos por espiga (NFG), Número de grãos por espiga (NGE), Massa de mil grãos (MMG), Número de espigas por hectares (NEH), Número de plantas por hectare (NPH), Produtividade de grãos (PG). *: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); **: Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Através da análise da variância (ANOVA), verificou-se que houve interação entre os fatores híbridos e sobreposição de semeadura (“SSS” sem sobreposição de semeadura e “CSS” com sobreposição de semeadura) para as variáveis comprimento total da espiga e massa de mil grãos, logo, realizou-se a análise de um fator dentro do outro. Para as variáveis comprimento total da espiga até onde possui grão na espiga, produtividade de grãos por hectare e número de espigas por hectares não houve interação entre os fatores híbridos e sobreposição de semeadura, no entanto, houve significância dos fatores híbridos e sobreposição de semeadura isoladamente, sendo realizado o desdobramento dos efeitos simples. Para as variáveis de número de grãos por espiga e número de plantas por hectare, houve efeito significativo apenas do fator sobreposição semeadura. Para as variáveis diâmetro da espiga e número de fileiras de grãos por espiga, não houve interações e nem efeito significativos dos fatores híbridos ou sobreposição de semeadura.

A Figura 23, ilustra os componentes de rendimento do milho, comprimento total da espiga até onde possui grão, diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por espiga.

Figura 23 - Comprimento total de espiga até onde possui grão, diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por espiga, de três híbridos de milho (a), semeados sem sobreposição de semeadura (SSS) e com sobreposição de semeadura (CSS) (b), em Tupanciretã-RS.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras de erro referem-se ao desvio padrão em relação à média. Não significativo (ns).

De acordo com a Figura 23, para o comprimento total de espiga até onde possui grão, pode se notar uma diferença significativa entre o fator híbrido e sistemas de semeadura, nota-se uma variação superior a 19% entre o fator híbrido e uma variação de 28,48% entre o fator SSS e CSS. Para o diâmetro da espiga, em ambas as variáveis de híbrido e manejo SSS e CSS, não apresentaram significância entre fatores, porém, nota-se uma tendência de diminuição do diâmetro da espiga com a sobreposição de semeadura. Para o número de fileiras de grãos por espiga, tanto na variável híbrido quanto nas variáveis SSS e CSS, não apresentaram significância entre fatores, no entanto, nota-se uma tendência na diminuição do número de fileiras de grãos por espiga, no tratamento CSS comparado ao SSS. Para o número de grãos por espiga, de forma geral não houve variação significativa entre a variável híbrido, entretanto para a variável SSS teve um decréscimo de 39,58%, comparado ao CSS.

A diferença do comprimento da espiga até onde a mesma possui grão, segundo Sango & Salvador (1998), pode ser explicado uma vez que sob altas densidades, as plantas de milho sofrem influência, ocasionando um estímulo para dominância apical, aumentando a esterilidade, e conseqüentemente, afetando o rendimento final de grãos. Da mesma forma, Sangoi (2001), destaca que o adensamento ocorre o déficit de nitrogênio para as plantas, ocasionando o decréscimo do número de grãos por espiga notado principalmente na parte superior da espiga que muitas vezes não se desenvolve mesmo que tenha havido fertilização regular dos óvulos (Figura 24).

Figura 24 - Comprimento de espiga até onde possui grão, SSS (1) e CSS (2)



Fonte: Autor, 2018.

É visível a diferença do comprimento total da espiga até onde possui grãos (Figura 24), quando se compara o tratamento SSS e CSS no tamanho da espiga, além disso nota-se a diminuição dos grãos fecundados na espiga, apresentando uma redução de 4,23cm de área coberta por grãos na espiga.

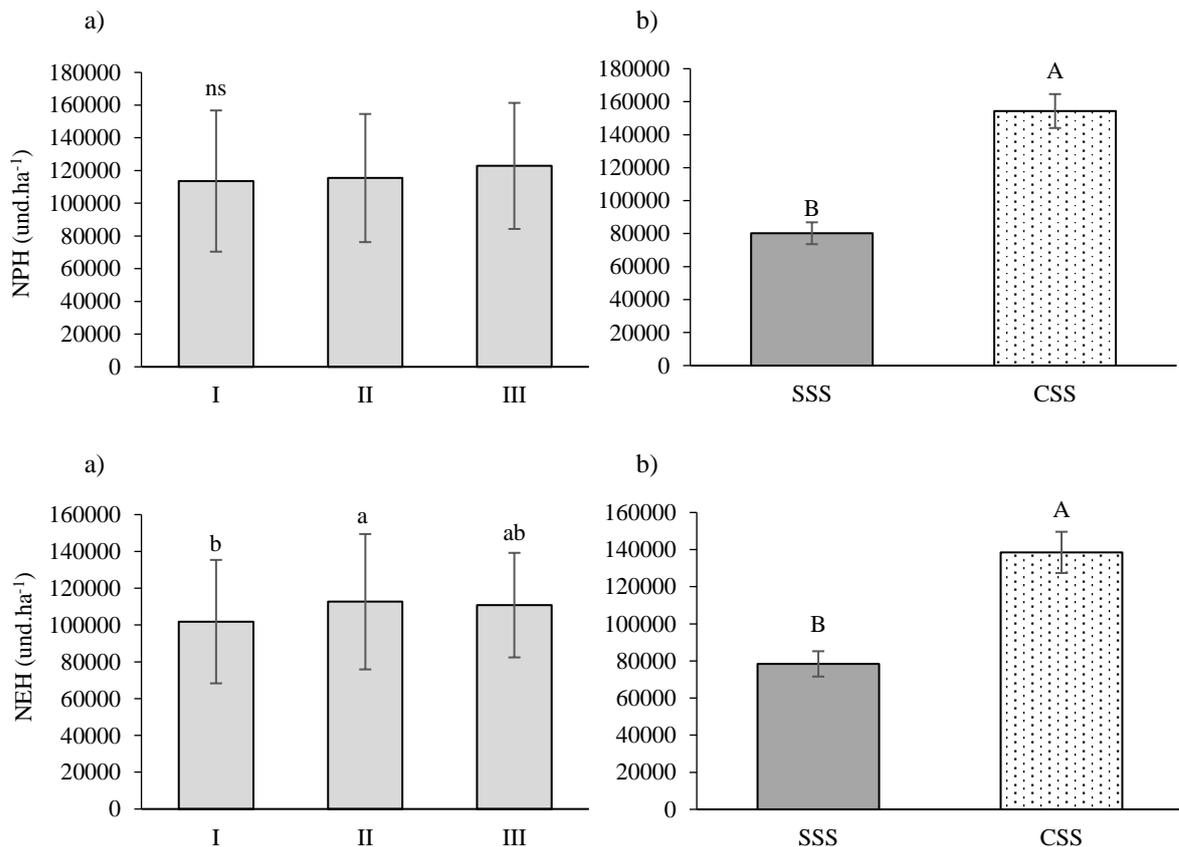
Da Silva, Argenta e Rezera (1999), determinaram que o número de grãos por espiga de modo geral, diminuirá à medida que se elevou a densidade de plantas. Da mesma forma, Sangoi (2001), observou que o número de grãos por espiga também pode ser reduzido pelo aborto de óvulos recentemente fertilizados no início do enchimento de grãos, esse aborto é promovido por altas densidades de plantas, pode ser em grande parte uma consequência de restrições que afetam a planta antes do início do preenchimento de grãos.

Brachtvoguel et al. (2009), verificaram que com o aumento da população de plantas de milho, o diâmetro da espiga e do sabugo tiveram um decréscimo. Destaca-se que, cada híbrido contém as suas características genéticas e morfológicas, cada um apresentando seu potencial diferente para esse fator.

Através da competição intraespecífica, com o aumento da densidade populacional entre plantas diminui-se os recursos disponível para a planta, dessa forma, ocasionando uma redução do número de fileiras de grãos por espiga (BRACHTVOGUEL et al., 2009). Pelo contrário, Marchão et al. (2005), relata que o número de fileiras de grãos por espiga não teve variação em função do aumento da densidade entre plantas, pelo fato de que o potencial de produção é definido no primeiro estágio de desenvolvimento, quando ocorre o início do processo de diferenciação floral e a formação dos primórdios da panícula e da espiga, não havendo ainda uma influência significativa da competição por plantas no ambiente. Contudo, a sobreposição de sementeira refere-se ao dobro de plantas por área, ou seja, ocorre uma superpopulação, muito além dos limites aceitáveis pelos híbridos de milho, o que se difere quando comparado a testes realizados com densidades e arranjos espaciais.

A Figura 25, ilustra os componentes de rendimento do milho, número de plantas por hectare e número de espigas por hectare.

Figura 25 - Número de plantas por hectare e número de espigas por hectare de três híbridos de milho (a), semeados sem sobreposição de semeadura (SSS) e semeados com sobreposição de semeadura (CSS) (b), em Tupanciretã-RS.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras de erro referem-se ao desvio padrão em relação à média. Não significativo (ns).

O número de plantas por hectare, não diferiu entre os híbridos de milho, no entanto, para a sobreposição de semeadura promoveu um acréscimo de 92,32% no sistema CSS em relação ao SSS. Isso é evidenciado por ter ocorrido a semeadura duas vezes na mesma área. Para o número de espiga por hectare, nota-se que houve diferença significativa entre o híbrido I para o híbrido II, no entanto o híbrido III não teve variação entre os demais, mantendo uma tendência entre os híbridos. Entretanto quando se observa as áreas CSS apresenta um acréscimo de 76,64% em relação as áreas de SSS no número de espigas por hectare, o que é evidenciado pela superpopulação de plantas, causada pela sobreposição de semeadura.

Esses resultados estão de acordo com aqueles reportados por Corassa et al. (2018), que reportaram densidade de plantas 78% maior em zonas onde não teve o controle de sobreposição em relação a zonas onde teve-o controle de sobreposição de semeadura.

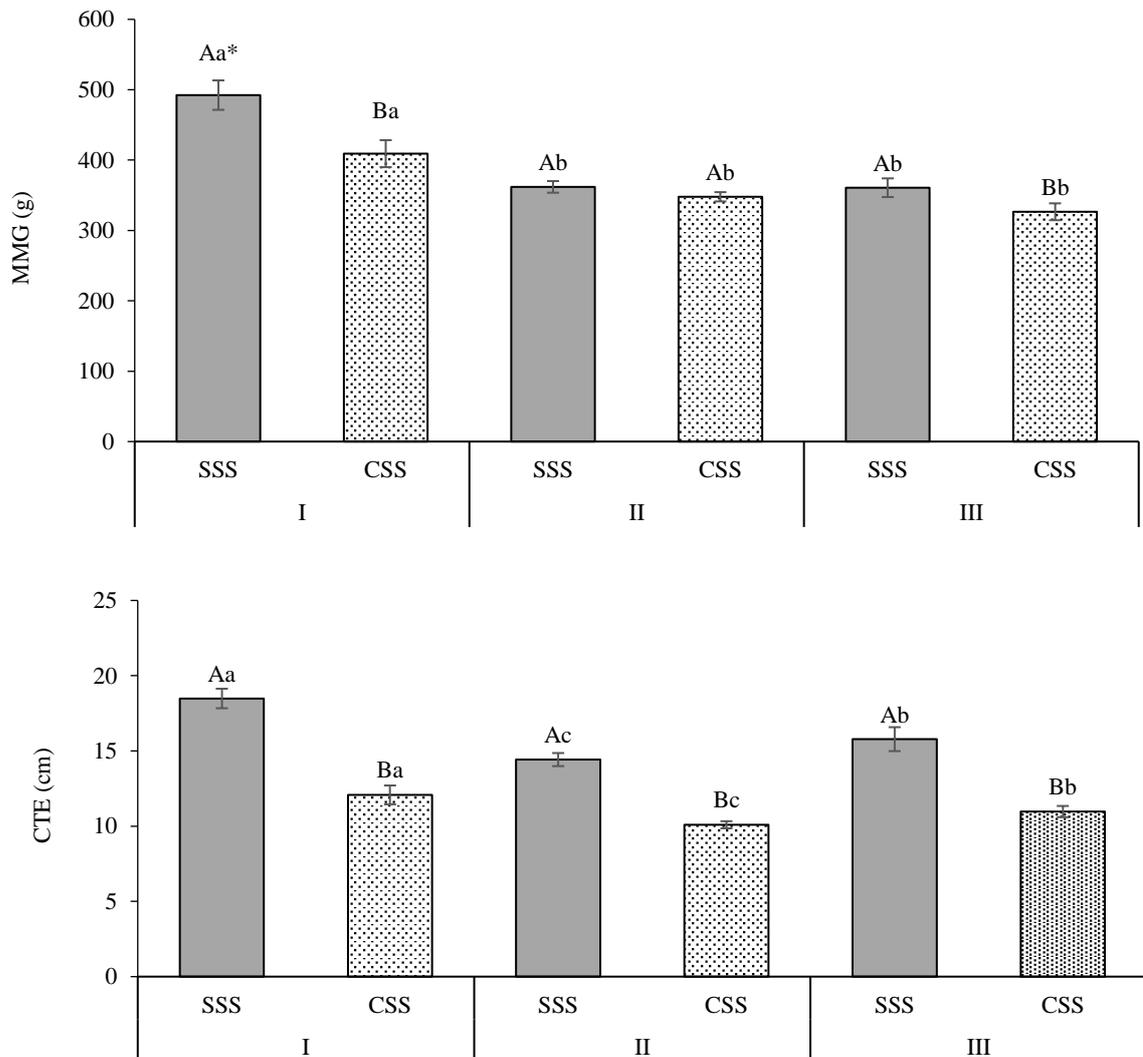
Cita que altas densidades populacionais podem causar alterações morfológicas e fisiológicas, entre elas, o aumento do número de plantas sem espigas (FORNASIERI FILHO, 2007). O aumento da população de plantas, ocorre um acréscimo da possibilidade de acamamento e quebra de plantas, conseqüentemente aumentando a incidência de podridões da espiga, causando um aumento no número de grãos ardidos, comprometendo a qualidade das rações, causando prejuízos direto aos produtores rurais (ALMEIDA et al., 2000).

Sangoi (2001), relata que, as baixas densidades de semeadura diminuem a eficiência de interceptação da radiação solar numa determinada área, aumentando a produção de grão por indivíduo, porém havendo redução da produtividade por área.

Brachtvoguel et al. (2009), Piana et al. (2008), trabalhando com o aumento da densidade de plantas de milho por unidade de área, notaram o aumento do número de espigas por hectare, porém apresentando espigas menos desenvolvidas, como também observado nesse estudo. Além disso, Tollenaar & Lee (2002), Fornasieri Filho (2007), relatam que o incremento da densidade de plantas pode causar esterilidade feminina por aumentar a defasagem entre a antese e o espigamento, principalmente sob condições de deficiência hídrica.

A Figura 26 representa os componentes de rendimento do milho, comprimento total da espiga e massa de mil grãos.

Figura 26 - Comprimento total da espiga e massa de mil grãos de três híbridos de milho, semeados sem sobreposição de sementeira (SSS) e com sobreposição de sementeira (CSS), em Tupanciretã-RS.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada híbrido de milho e minúscula dentro de cada manejo de sobreposição de sementeira não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0.05$). Barras de erro referem-se ao desvio padrão em relação à média.

Segundo a Figura 26, no comprimento total da espiga, observa-se que em todos os híbridos houve diferença significativa entre os tratamentos SSS e CSS. O híbrido I teve um decréscimo de 34,6% do tamanho da espiga, para o híbrido II uma redução de 30,6% e 30,4% para o híbrido III. Considerando todos os híbridos houve uma redução média no tamanho da espiga de 31,87%. Quando comparados ao manejo, observa-se que todos apresentaram

variações significativas, no manejo SSS, o híbrido I, apresentou o maior comprimento em relação aos demais, da mesma forma que no manejo CSS.

Para a massa de mil grãos, nota-se que nos híbridos I e III houve diferença significativa entre os tratamentos SSS e CSS, para o primeiro híbrido alcançamos uma redução em torno de 17% e para o segundo híbrido uma redução de 9,5%. Quando comparados ao manejo, observa-se que o híbrido I diferenciou-se em relação aos demais híbridos, explicado pela diferença genética do híbrido.

Com o acréscimo da densidade de plantas, ocorreu maior competição entre elas, diminuindo a translocação de fotoassimilados para os grãos, dessa forma, diminuindo a quantidade de carboidratos por grão, diminuindo seu peso específico, afetando diretamente no seu rendimento.

Tollenaar, Dwer e Stewart (1992), as reduções verificadas no comprimento da espiga, pode estar associada ao aumento da competição entre plantas, em decorrência da menor disponibilidade de radiação solar na comunidade, também, Sangoi (2001) e Dourado Neto et al. (2003), afirmam que com o aumento da densidade de plantas, aumenta a competição intraespecífica por água e nutrientes, conseqüentemente, ocorrendo a redução do tamanho da espiga.

A Figura 27, mostra a diferença do tamanho das espigas dos híbridos nos manejos SSS e CSS.

Figura 27 - Tamanho das espigas, híbrido I (1), híbrido II (2), e híbrido III (3), no sistema sem sobreposição de semeadura (SSS) (a) e com sobreposição de semeadura (CSS) (b).

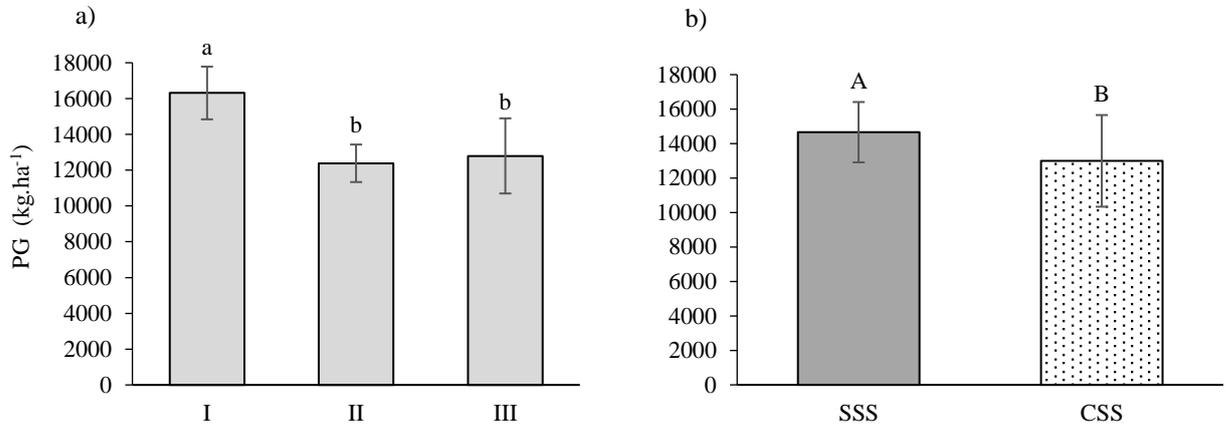


Fonte: Autor, 2018.

Conforme, ilustrado na Figura 27, o híbrido I teve um tamanho médio do comprimento total da espiga de 18,5 cm no sistema SSS, ao passo que teve um valor médio de 12,1cm no tratamento CSS, ocasionando uma redução de 6,4cm, no tamanho total da espiga representando 34,6%. Para o híbrido II, o valor médio no tratamento SSS foi de 14,4cm e no tratamento CSS de 10,1cm, causando uma redução de 4,3cm, representando 14,4%. Já o híbrido III o tratamento SSS obteve um valor médio de 15,8cm comparado ao sistema CSS com valor médio de 11,0cm, apresentando uma redução de 4,8cm, representando 30,4%. Destacando que, cada híbrido possui suas características genéticas e fenotípicas, contendo suas peculiaridades quando se compara comprimento de espiga, massa de mil grãos e quantidade de fileiras por espiga.

A Figura 28, apresenta a produtividade de grãos em kg/ha.

Figura 28 - Produtividade de grãos por hectare de três híbridos de milho (a), semeados sem sobreposição (SSS) e com sobreposição de semeadura (CSS) (b) em Tupanciretã-RS.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras de erro referem-se ao desvio padrão em relação à média.

A produtividade de grãos foi variável entre os híbridos de milho, sendo, 21% superior no híbrido I comparado aos demais híbridos estudados. Já para o fator sobreposição de semeadura ocorreu uma variação significativa entre os sistemas, no qual o SSS apresentou um rendimento de 14.662,10 kg.ha⁻¹, enquanto no sistema CSS apresentou um valor de 12.996,53 kg.ha⁻¹, ocasionando um decréscimo da produtividade de 1.665,57 kg.ha⁻¹ (27,7sc/ha) equivalendo a 11,36%.

Os impactos na produtividade foram pouco superiores aqueles encontrados por Corassa et al. (2018), onde avaliando o impacto do rendimento final de grãos na sobreposição de semeadura do milho e da soja, constataram uma redução de 8,5% no rendimento do milho e de 2,0% no rendimento da soja.

O rendimento de grãos de milho diminui quando a densidade da planta é aumentada para além da densidade ótima da planta, (Assefa et al., 2016), principalmente devido ao declínio no índice de colheita e ao aumento do alongamento do caule (TOLLENAAR, AGUILERA, NISSANKA, 1997).

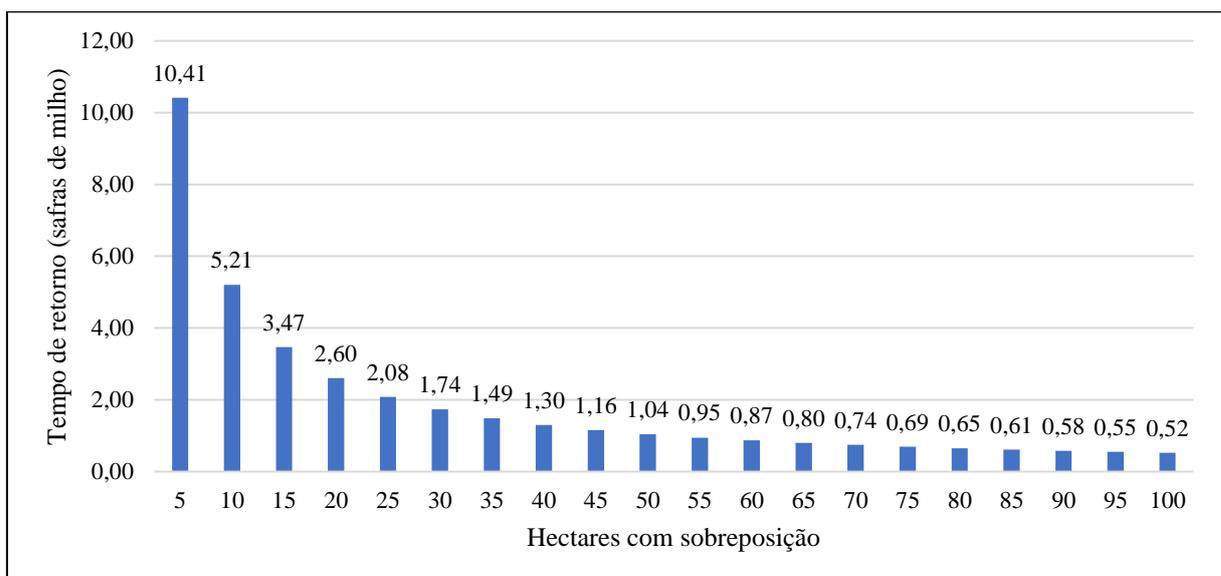
A população de plantas influencia a sincronia da floração e, portanto, o rendimento de grãos. As altas densidades de plantas podem reduzir o suprimento de nitrogênio (LEMCOFF e LOOMIS, 1994), fotossíntese (JACOBS e PEARSON, 1991) e água (WESTGATE, 1994) para a espiga em crescimento.

4.3 Viabilidade econômica da tecnologia

Considerando o preço da saca do milho para a região de Tupanciretã-RS no dia 23/03/2018, no valor de R\$ 32,00, logo há uma perda de R\$ 886,40 por hectare nas áreas de sobreposição de semeadura por produtividade, sem considerar a economia de semente, a qual custaria um acréscimo de R\$ 1.110,72 por hectare nos locais que ocorrem a sobreposição, totalizando R\$ 1.997,12 por hectare de prejuízo nos locais que ocorreu a sobreposição. Além disso, nessas áreas podem haver uma maior incidência de doenças pela superpopulação, ocasionando mais prejuízos ao produtor, por outro lado, as espigas anormais, que sofreram uma diminuição do seu tamanho, onde houve sobreposição de semeadura, podem resultar em maiores perdas durante a colheita mecanizada.

É importante destacar que os resultados obtidos nesse trabalho se referem a uma situação local, os benefícios econômicos da utilização da tecnologia de desligamento de seção em semeadoras de precisão são localizados, sendo provável que a rentabilidade varie de propriedade para propriedade, devido aos diferentes formatos de talhões, tamanho de equipamentos para semeadura e direção de semeadura adotada. A Figura 29, ilustra o tempo de retorno com base na economia de semente e o incremento de produtividade nas áreas as quais tiveram sobreposição de semeadura.

Figura 29 - Tempo de retorno com base na economia de semente e o incremento de produtividade nas áreas as quais tiveram sobreposição de semeadura.



Fonte: Autor, 2018.

Conforme observado na Figura 29, considerando apenas um cultivo anual, sendo esse, da cultura do milho, considerando os benefícios do sistema de desligamento de seção em semeadora de precisão (economia de semente e incremento da produtividade), nas zonas as quais sofreram com o transpasse de semeadura, se alcançarmos 5 hectares de sobreposição, teremos um retorno econômico em 10,41 safras de milho, ao passo que se tivermos 50 hectares, teremos um retorno econômico em 1,04 safras de milho e de 0,52 safras se alcançamos 100 hectares de sobreposição na semeadura.

É muito importante observar que o investimento considerado, refere-se apenas aos acessórios de desligamento de seção para equipar uma semeadora de precisão compostas por 33 linhas de semeadura, comercializada na região Centro-Oeste do estado do Rio Grande do Sul no ano de 2018.

Sobre o desligamento automático de seção para semeadoras de precisão, Luck et al., (2010), Shockley et al., (2012), Larson et al., (2016) e Velandia et al., (2013), asseguram que para talhões menores e com formas mais irregulares, o uso dessa tecnologia apresenta um maior benefício.

5 CONCLUSÃO

A área total de sobreposição de semeadura possível encontrada no talhão foi de 1,33 hectares, representando 2,54% da área.

Quando ocorreu a semeadura utilizando o sistema sem sobreposição de semeadura (SSS), os componentes de rendimento de milho, alcançaram maior comprimento total da espiga, maior massa de mil grãos e quantidade maior de grãos por espigas, em contrapartida, onde ocorreu a semeadura no sistema com sobreposição de semeadura (CSS), apresentou maior número de espigas por hectare.

A produtividade do milho nas zonas que não houve sobreposição de semeadura (SSS), tiveram um incremento de 12,82%, comparadas as zonas que houveram sobreposição de semeadura (CSS).

As semeadoras equipadas com desligamento de seção, realizam uma operação mais eficaz, tanto pela economia de semente, quanto pelo incremento na produtividade do milho nas áreas sem sobreposição, assim ocasionando um incremento de lucratividade imediato. Nas propriedades que possuem talhões mais irregulares, obstáculos nos talhões, semeadora com maior área útil de trabalho e que cultivam principalmente a cultura do milho, o retorno econômico da tecnologia elevado, assim, torna-se menor o tempo de retorno do investimento.

6 REFERÊNCIAS

- AGROCERES, **Sementes agrocere AG 9025 PRO3**. Superprecocidade e superprodutividade para uma super-rentabilidade. 2017. Disponível em: <http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto_AG_9025.aspx>. Acesso em: 09 ago. 2017.
- ASSEFA, Y; PRASAD, P. V. V.; CARTER, P.; HINDS, M.; BHALLA, R. S.; JESCHKE, M.; PASZKIEWICZ, S.; CIAMPITTI, I. A. Yield responses to planting density for US modern corn hybrids: A synthesis- analysis. **Crop Science Society of America**. Madison, v. 56, p. 2802–2817, set./out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Projeto de norma 04: 015.06-004: **Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994. 23p.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do milho**. Escola de ciência e tecnologia, departamento de fitotecnia. 2014. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>>. Acessado em: 11 jan. 2018.
- BORGES FILHO, E. L. **O desenvolvimento do plantio direto no Brasil**. 2001. 156f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- BRACHTVOGUEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S.J. Densidade populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 11, p. 2334-2339. 2009.
- CABRAL, C. E. A.; AMORIN, R. S. S.; DORES, E. F. G. C. de.; SILVA, E. M. B. Estimativa de perda de solo em sistemas de cultivo em lavouras de algodão. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 6, p. 1-8, 2010.
- CAÑAVATE, J. O. **Las maquinas agrícolas y su aplicación**. 5 ed. México: Editora Mundi-Prensa, 1995. 465p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola: A metodologia da CONAB**. Brasília. CONAB, 2010. 60 p.
- CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; LISKA, T.; SHARDA, A.; FULTON, J.; CIAMPITTI, I. A. Planter technology to reduce double-planted area and improve corn and soybean yields. Crop economics, production & management. **Agronomy jornal**. v.110, ed. I, p. 300-310. 2018.
- CORBARI, E. C.; GARCIAS, P. M.; SOARES, C. Custos na produção agrícola: uma abordagem sob a perspectiva do custo de oportunidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 14., 2007. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Associação Brasileira de Custos, 2007.

CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do milho**. Embrapa, 2006. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/man_direto.htm>. Acesso em: 21 out. 2017.

DA SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n.4, p. 585-592. 1999.

DAGIOS, R. F. FRANCETTO, T. R.; FERREIRA, M. F. P. **Índice de adequação de semeadoras-adubadoras de precisão nacionais**. Revista Cultivar Máquinas, Pelotas, n. 117, p. 30-34, abr. 2012.

DARR, M. **Precision ag technology saving**. 2012. Department of agricultural and biosystems engineering. Disponível em: <<https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2012/02/precision-ag-technology-savings>>. Acessado em: 06 jan. 2018.

DELMOND, J. G. **Desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura do feijão**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

DIAS, V. de O. **Desempenho de dois protótipos de semeadoras-adubadoras para plantio direto**. 2009. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DOURADO NETO, D.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; PALHARES, M.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

DOW, **Dow sementes Guia de sementes**. 2017. Disponível em:

<http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0965/0901b803809657f7.pdf?filepath=br/pdfs/noreg/013-05182.pdf&fromPage=GetDoc>. Acesso em: 12 ago. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Milho e Sorgo. **Cultivo do milho**. Brasília, 2008. 338f.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. **Sistemas Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília, 2013. 353f.

FAGANELLO, A. **Cuidados na semeadura de verão**. 2012. Disponível em:

<<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=441>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 273 p.

FULTON, J.; MULLENIX, D.; BROOKE, A.; WINSTEAD, A.; ORTIZ, B. **Automatic section control (ASC) technology for planters. Precision Agriculture Series**. 2011. Timely Information, Agriculture, Natural Resources & Forestry, Alabama Cooperative Extension Service, Auburn, AL. Disponível em:

<<https://sites.aces.edu/group/crops/precisionag/Publications>>. Acessado em: 05 jan. 2018

GOOGLE EARTH. **Imagem de satélite da área experimental**. 2018.

INOUE, G. H. Sistemas de preparo do solo e o plantio direto no Brasil. **Agropecuária Técnica**, Areia, n. 1, p. 1-11, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE, Estatística da Produção Agrícola janeiro de 2018**. 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/eaeb7bd3a7d0941cfb93ace38dc13f86.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUARIA – IMEA. **Custo de produção de milho – safra 2016/2017**. 2017. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=3&s=3>>. Acesso em 28 out. 2017.

JACOBS, B.J., PEARSON, C.J. Potential yield of maize. determined by rates of growth and development of ears. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.27, n.2, p.281-298, 1991.

JOHN DEERE. **Folheteria RowCommand™**. 2017. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/magazines/publication.html?id=f0c2bcdf#1>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

JOHN DEERE. **Instalação da embreagem Pro-Shaft RowCommand™**. Horizontina: Deere & Company, 2014. 16 f.

JOHN DEERE. **Plantadeiras série 110**. 2017b. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/magazines/publication.html?id=684530e7#2>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

JOHN DEERE. **Série DB plantadeira John Deere**. 2017d. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/planters/db_series/db_series.page>. Acesso em: 01 ago. 2017.

JOHN DEERE. **Tratores Série 8R**. 2017c. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/tractors/big_tractors/8r_series/8370r/8370r.page>. Acesso em: 29 jul. 2017.

KEY, N.; ROBERTS, M. J. Measures in trends of farm size tell differing stories. **AmberWaves**. v. 5, p. 36-37, p. 2007.

LARSON, J. A.; VELANDIA, M. M.; BUSCHERMOHLE, M. J.; WESTLUND, S. M. Effect of field geometry on profitability of automatic section control for chemical application equipment. **Precision Agriculture**. v. 17, p. 18-35, 2016. ISSN: 1385-2256.

LEMCOFF, J.H., LOOMIS, R.S. Nitrogen and density influences on silk emergence, endosperm development, and grain yield of maize (*Zea mays* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.38, n.1, p.63-72, 1994.

LUCK, J. D.; PITLA, S. K.; SHEARER, S. A.; MUELLER, T. G.; DILLON, C. R.; FULTON, J. P. HIGGINS, S. F. Potential for pesticide and nutrient savings via map-based automatic boom section control of spray nozzles. **Computers and Electronic in Agriculture**. v. 70, p. 19-26. 2010.

MACHADO, A. L. T. et al. **Máquinas para preparo de solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: Editora Universitária UFPel, 1996. 228p.

MARCHÃO.; R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p. 93-101. 2005.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MALUF, J. R. T.; BARNI, N. A.; BUENO, A. C.; DIDONÉ, I. A.; ANJOS, C. S. dos.; MACHADO, F. A.; SAMPAIO, M. dos R.; **Consumo de água e disponibilidade hídrica para o milho e soja no Rio Grande do Sul**. Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária n°10. FEPAGRO, Porto Alegre, ago. 2002. 99p.

MELO JÚNIOR, H. B. de.; CAMARGO, R. de.; WENDLING, R.C. Sistema de plantio direto na conservação do solo e água e recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia biosfera**. Goiânia v. 7, n. 12, p. 1-17, 2011. Disponível em:

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Millennium, 2012. 623 f.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: Ensaios & certificações**. Piracicaba: Editora Fundação de Estudos Agrários Luiz Queiroz, 1996. 722p.

MIRANDA, de A. R.; DUARTE, de O. J.; GARCIA, C. J. **Economia da produção**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm>. Acesso em: 05 out. 2015.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do.; COLÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Editora Oficina de textos, 2015. 40p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961, p.46.

MURRAY, J. R.; TULLEBERG, J. N.; BASNET. B. B. **Planters and their componentes: types, attributes, functional requirements, classification and description**. ACIAR Monograph n° 121. University of the Queensland, Austrália, 2006. 178p.

OLIVEIRA, J. R. de. **Perdas de solo, água e nutrientes em um argissolo vermelho-amarelo sob diferentes padrões de chuva simulada**. 2007. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **População mundial atingiu 7,6 bilhões de habitantes**. 2017. Disponível em:

<<http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/2017/06/populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes/#.Wgc1vWhSxPY>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

PELAEZ, V.; FUNCK, M. P. Custos de produção de commodities nos EUA. **Revista de Política Agrícola**. v. 23, n. 3, p. 65-80. 2014.

PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F. da.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA, M. S. da.; JANDREY, D. B. Densidade de plantas de milho em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, p.2608-2612, 2008.

PIONEER, **Híbrido de milho 30F53**. 2017. Disponível em:

<<http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f53>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

RUNGE, M.; FULTON, J.; GRIFFIN, T.; VIRK, S.; BROOKE, A. **Automatic section control technology for row crop planters**. 2011. Disponível em:

<<http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-2217/ANR-2217.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

RUSSINI, A.; CHERUBIN, M. R.; BERAS, G. J. **Agricultura de precisão no Rio Grande do Sul: Análise econômica do uso da agricultura de precisão**. 1. Ed. Santa Maria: CESPOL, 2016. cap. 6, p. 120-135.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v.31, p. 159-168. 2001.

SANGO, L., SALVADOR, R.J. Influence of plant height and leaf number on maize production at high plant densities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.3, p.297-306, 1998.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; EITELWAEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; SILVA, R. F.; DA ROS, C. Definição de zonas de profundidade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 510-515, 2013.

SANTI, A. L.; SILVA, D. A. A. da.; CORASSA, G. M.; BASSO, C. J.; DAMIAN, J. M.; FLORA, L. P. D.; PIAS, O. H. de C.; SANTOS, L. D. A. dos.; FONSECA, A. Z. da.; BELLO, R. A. M. D. **Agricultura de precisão no Rio Grande do Sul: Manejo de precisão: Planos de manejo inteligentes e estratégias multi-plantas**. 1. ED. Santa Maria: Cespól, 2016. cap. 12, p 250-283.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETO, R. **Preparo convencional**. 2007. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_84_22122006154841.html>. Acesso em: 21 out. 2017.

SERPA, M. da S.; SILVA, P. R. F. da.; SANGO, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R.; Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, n. 4, p. 541-549, abr. 2012.

SHOCKLEY, J.; DILLON, C. R.; STOMBAUGH, T.; SHEARER, S. Whole farm analysis of automatic section control for agricultural machinery. **Precision Agriculture**. v. 13. p. 411-420. 2012. ISSN: 1385-2256.

SILVA, I. O da. **Avaliação de produção de milho doce para consumo em maçaroca em três datas de sementeira diferentes**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, 2012.

SILVA, J. G. da; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; et al. **Desempenho de sementeiras no plantio de feijão em monocultura e consorciado com milho**. Circular técnica. EMBRAPA, CNPAF. Goiânia, GO, 1985. P.23.

SILVA, J. M. da. Et al. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um latossolo sob plantio direto e preparo convencional no cultivo da soja no cerrado. **Revista Ciência Agrária**. Belém, n. 50, p. 167-180. 2008.

SILVEIRA, G. M. da. **As máquinas para plantar**. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1989. 257p.

SLC AGRÍCOLA. **Produção x consumo - mundo**. 2015. Disponível em: <<https://www.slcagricola.com.br/produtos/milho/>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

SOARES, F. C. **Análise de viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SOUZA, P. M. de.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds) Tecnologia de produção do milho. 20. Ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004, v.1, p 13-53, 2004.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSANKA, S. P. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.2, p.239-246, 1997.

TOLLENAAR, M.; DWER, L. M.; STEWART, D. W. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. **Crop Science**. Madison, v.32, n.2, p.432-438, 1992.

TOLLENAAR, M.; LEE, E. A. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**. v.75, p.161-169, 2002.

TORRADO, P. **Apostila recuperação de solos**. 2006. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/gerd/Recuperacao/APOSTILA-Recup%20de%20Solos.pdf>>. Acesso em 21 out. 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Department of Agriculture. Economic Research Service. **Adoption of genetically engineered crops in the U.S.:** recent trends in GE adoption. 2012. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/data->

products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx>. Acesso em: 12 nov. 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Department of Agriculture. Economic Research Service. **U.S. corn production costs and returns per planted acre, excluding Government payments**: corn: 1996-2016. 2017. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/data-products/commodity-costs-and-returns.aspx>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

VELANDIA, M.; BUSCHERMOHLE, M.; LARSON, J. A.; THOMPSON, N. M.; JERNIGAN, B. M. The economics of automatic section control technology for planters: A case study of middle and West Tennessee farms. **Computers and electronics in agriculture**. v. 95, p. 1-10. 2013. ISSN: 0168-1699.

WERNER, V. **Análise econômica e experiência comparativa entre agricultura de precisão e tradicional**. 2007. 134 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WESTGATE, M. E. Seed formation in maize during drought. **Physiology and determination of crop yield**. American Society of Agronomy, Cap. 15. p. 361-364. 1994.